



TUGAS AKHIR – TM 091585

**SIMULASI NUMERIK PENGARUH KECEPATAN
INLET DAN POSISI KETINGGIAN *OUTLET*
TERHADAP KARAKTERISTIK ALIRAN DAN
PERPINDAHAN PANAS KONVEKSI PADA
RUANG SERVER DENGAN *FLOOR FLOW INLET***

TEUKU REZA MAULANA FASYA
NRP. 2112 100 017

Pembimbing:
Prof. Dr. Eng. Prabowo, M.Eng

JURUSAN TEKNIK MESIN
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017



TUGAS AKHIR – TM 091585

**SIMULASI NUMERIK PENGARUH KECEPATAN
INLET DAN POSISI KETINGGIAN *OUTLET*
TERHADAP KARAKTERISTIK ALIRAN DAN
PERPINDAHAN PANAS KONVEKSI PADA
RUANG SERVER DENGAN *FLOOR INLET FLOW***

TEUKU REZA MAULANA FASYA
NRP. 2112 100 017

Pembimbing:
Prof. Dr. Eng. Prabowo, M.Eng

JURUSAN TEKNIK MESIN
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017

“Halaman ini sengaja di kosongkan”



FINAL PROJECT – TM 0915865

**NUMERICAL SIMULATION THE EFFECT OF
VELOCITY INLET AND OUTLET POSITION ON
FLOW CHARACTERISTICS AND CONVECTION
HEAT TRANSFER IN SERVER ROOM WITH
FLOOR INLET FLOW**

TEUKU REZA MAULANA FASYA
NRP. 2112 100 017

Advisor
Prof. Dr. Eng. Prabowo, M.Eng

BACHELOR DEGREE
MECHANICAL ENGINEERING DEPARTMENT
FACULTY OF INDUSTRIAL TECHNOLOGY
SEPULUH NOPEMBER INSTITUTE OF TECHNOLOGY
SURABAYA 2017

“Halaman ini sengaja di kosongkan”

**SIMULASI NUMERIK PENGARUH KECEPATAN *INLET*
DAN POSISI KETINGGIAN *OUTLET* TERHADAP
KARAKTERISTIK ALIRAN DAN PERPINDAHAN PANAS
KONVEKSI PADA RUANG SERVER DENGAN *FLOOR*
*INLET FLOW***

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada
Program Studi S-1 Departemen Teknik Mesin
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

TEUKU REZA MAULANA FASYA

NRP. 2115 105 017

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir :

1. Prof. Dr. Eng. Prabowo, M.Eng (Pembimbing)
NIP. 1965055051990031005
2. Dr. Ir. Budi Utomo KW, ME (Penguji I)
NIP. 195312191981031001
3. Ary Bachtiar KP, ST, MT, PhD (Penguji II)
NIP. 197105241997021001
4. Dr. Bambang Sudarmanta, ST, MT (Penguji III)
NIP. 197301161997021001

SURABAYA

JULI, 2017

**SIMULASI NUMERIK PENGARUH
KECEPATAN *INLET* DAN POSISI
KETINGGIAN *OUTLET* TERHADAP
KARAKTERISTIK ALIRAN DAN
PERPINDAHAN PANAS KONVEKSI PADA
RUANG SERVER DENGAN *FLOOR FLOW
INLET***

Nama Mahasiswa : Teuku Reza Maulana Fasya
NRP : 2115 105 017
Jurusan : Teknik Mesin FTI-ITS
Dosen Pembimbing : Prof. Dr. Eng. Prabowo M.Eng.

Abstrak

Ruang server merupakan ruangan yang digunakan untuk menyimpan server yang berisi database, perangkat jaringan komputer dan perangkat lainnya yang terkait. Sebuah ruang server harus memiliki tingkat keamanan yang sangat tinggi, salah satunya yang harus sangat diperhatikan adalah suhu pada ruangan dan suhu pada rak dari server. Di dalam server terdapat suatu komponen elektronik yang jika bekerja terus menerus dapat mengakibatkan overheating, bila suatu komponen elektronik overheating dan menjadi rusak maka database yang ada pada server tersebut bisa menjadi hilang. Mengacu pada standar Thermal Guidelines for Data Processing Environments ASHRAE untuk komponen elektronik pada server akan bekerja optimal di bawah temperatur kerja 45°C, akan tetapi sebagian besar pada ruang server temperatur pada server dijaga agar bekerja kurang dari 40°C agar komponen elektronik pada server dipastikan bekerja secara aman.

Pada penelitian kali ini suatu ruang server di simulasikan dengan menggunakan CFD (Computating Fluid Dynamic) dengan aplikasi GAMBIT 2.4.6 untuk pemodelan dari sistem dan aplikasi ANSYS 16.2 untuk mengetahui perpindahan panas, distribusi temperatur, karakteristik aliran pada rak server. Pemodelan pada penelitian kali ini menggunakan inlet berjenis floor inlet dengan

ke jumlah inlet 16 dan temperatur pada inlet dari 15 °C dengan kondisi batas adalah velocity inlet tiap kecepatan dari inlet di variasikan 2m/s; 2,5m/s; 3m/s, tiap rak server diberi kondisi batas heat flux konstan sebesar 250 W/m² sedangkan untuk outlet diberikan kondisi batas outflow dengan variasi ketinggian outlet pada ketinggian 0,5m; 1m; 1,8m; 3m.

Hasil dari simulasi adalah hasil kualitatif berupa visualisasi karakteristik aliran udara dan perpindahan panas pada server diantaranya adalah distribusi temperatur dan distribusi kecepatan pada rak server. Selain data kualitatif di dapatkan juga data kuantitatif yang selajutnya di olah menjadi grafik perbandingan antara Nusselt Number, koefisien perpindahan panas secara konveksi pada rak server yang melebihi batas critical temperture. Kesimpulan pada penelitian kali ini adalah pada kecepatan 2 m/s semua rak server bagian belakang server atau tempat diletakannya sensor, temperatur surface melebihi batas critical temperature 40°C. Pada kecepatan 2,5 m/s critical temperature hanya terdapat pada temperature surface di rak server 1 pada ketinggian outlet 1,8 m dan pada ketinggian outlet 3 m critical temperature berada pada rak server 8. Sedangkan pada kecepatan inlet 3m/s semua rak server berada pada temperatur yang aman.

Kata kunci: Ruang Server, Critical Temperatur, Database, CFD, Floor Inlet, Karakteristik aliran, Perpindahan Panas, Distribusi Temperatur

NUMERICAL SIMULATION THE EFFECT OF VELOCITY INLET AND OUTLET POSITION ON FLOW CHARACTERISTICS AND CONVECTION HEAT TRANSFER IN SERVER ROOM WITH FLOOR INLET FLOW

Name : Teuku Reza Maulana Fasya
NRP : 2115 105 017
Major : Mechanical Engineering FTI-ITS
Advisor : Prof. Dr. Eng. Prabowo M.Eng.

Abstract

The server room is a room that is used to store the server that contains the database, computer network devices, and other related devices. A server room should have a very high level of security, one of which must be very aware is room temperature and the temperature on a rack of servers. The server side there is an electronic component that if working continuously can result in overheating when an electronic component overheats and become damaged then the database existing on the server can be lost. Refers to the standard Thermal Guidelines for Data Processing Environments ASHRAE for electronic components on the server will work optimally under the working temperature of 45 °C, but mostly at the server room temperature on a server maintained in order to work less than 40 °C so that the electronic components on the server work safely ascertained.

In the present study a server space simulated by using CFD (Computating Fluid Dynamic) with GAMBIT 2.4.6 application for the modeling of systems and applications ANSYS 16.2 to determine the heat transfer, temperature distribution, flow characteristics at the server rack. Modeling in the present study using inlet type manifold inlet floor with the number of inlet 16 and the temperature at the inlet of 15 °C with boundary conditions are velocity inlet each velocity of inlet at varying 2m / s; 2.5m / s; 3m / s, each rack server is given boundary condition heat flux constant at 250 W /

m2 while the outlet given boundary conditions outflow with variation in altitude outlet at a height of 0.5 m; 1 m; 1.8m; 3m.

The results of the simulation are qualitative results visualization characteristics of the airflow and heat transfer on the server include temperature distribution and velocity distribution in the server rack. In addition to qualitative data also obtained quantitative data which further processed into comparison graph between Nusselt Number, convection heat transfer coefficient at the rack server that exceeds the temperature of the work or the critical temperature. The conclusion in the present study is at a speed of 2 m / s all server rack at the back of the server or where the sensors is located, the surface temperature exceeds the critical temperature limit of 40°C. At a speed of 2.5 m / s critical temperature found only in surface temperature on server rack 1 at an height of outlet 1.8 and at a height of outlet 3 m critical temperature is on the server rack 8. While the speed of inlet 3m / s all rack servers is at a safe temperature.

Keyword: Server Room, Critical Temperatur, Database, CFD, Floor Inlet, Characteristica of the airflow, Heat Transfer, Temperature Distribution

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penulis curahkan sepenuhnya kepada Allah SWT, karena atas berkah dan izin-Nya tugas akhir ini dapat terselesaikan. Penulis sangat menyadari bahwa keberhasilan dalam penulisan tugas akhir ini tak lepas dari dukungan dan bantuan berbagai pihak. Melalui kesempatan ini penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada pihak-pihak yang telah banyak membantu dan mendukung baik secara moril maupun materil dalam proses penyelesaian tugas akhir ini, antara lain:

1. Bapak Prof. Dr. Eng. Ir. Prabowo, M.Eng, selaku dosen pembimbing tugas akhir penulis yang selalu memberikan ilmu-ilmu yang sangat bermanfaat bagi penulis.
2. Bapak Ary Bachtiar KP., ST., MT., Ph.D selaku dosen penguji tugas akhir penulis serta yang selalu memberikan bimbingan tentang tugas akhir penulis, terima kasih atas ilmu dan saran-saran yang telah diberikan
3. Dr. Ir. Budi Utomo Kuku Widodo, ME selaku dosen penguji tugas akhir penulis, terima kasih atas ilmu dan saran-saran yang telah diberikan.
4. Dr. Bambang Sudarmanta, ST, MT; selaku dosen penguji tugas akhir penulis serta yang selalu memberikan bimbingan tentang tugas akhir penulis, terima kasih atas ilmu dan saran-saran yang telah diberikan.
5. Orang tua dan keluarga tercinta yang selalu memberikan nasehat kepada penulis dan selalu memberi dukungan dan mendoakan penulis.
6. Seluruh dosen dan karyawan jurusan Teknik Mesin ITS.
7. Semua teman Lintas Jalur yang tidak dapat disebutkan oleh penulis.

Penulis menyadari bahwa laporan tugas akhir ini masih banyak kekurangan dan dengan senang hati penulis siap menerima kritik dan saran yang tentunya bersifat mendorong untuk kemajuan di kemudian hari. Penulis berharap semoga tugas akhir ini dapat

memberikan manfaat dan sumbangsih bagi perkembangan ilmu pengetahuan.

Surabaya,
Juli 2017

Penulis

DAFTAR ISI

ABSTRAK.....	i
ABSTRACT	iii
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL.....	xiii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan Penelitian	4
1.5 Manfaat Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Penelitian Terdahulu.....	5
2.1.1 Jinkyun Cho.....	5
2.1.2 Patricia Manurung	7
2.2 Pengkondisian Udara	10
2.2.1 Ruang Server.....	11
2.2.2. Computer Room Air Conditioning (CRAC)	12
2.2.3 Rak Server.....	13
2.3 Aliran Fluida	14

2.4 Perpindahan Panas	16
2.4.1 Konduksi	17
2.4.2 Konveksi	18
2.5 Pemodelan CFD (<i>Computational Fluid Dynamic</i>)	25
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	29
3.1 Tahapan Penelitian	29
3.2 Pengumpulan Data	30
3.3 Pemodelan dan Simulasi	31
3.3.1. <i>Pre Processing</i>	31
3.3.2 <i>Processing</i>	33
3.3.3 <i>Post Processing</i>	34
3.4 Flowchart Penelitian	34
BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN	37
4.1 Analisa Visualisasi Dengan Variasi Posisi Ketinggian <i>Outlet</i>	40
4.1.1 Pola Aliran Kecepatan dan Temperatur Pada Server 1	41
4.1.2 Pola Aliran Kecepatan dan Temperatur Pada Server 2	46
4.2 Analisa Visualisasi Dengan Variasi Kecepatan	51
4.2.1 Pola Aliran Kecepatan dan Temperatur Pada Server 1	51
4.2.3 Pola Aliran Kecepatan dan Temperatur Pada Server 2	53

4.3 Analisa Grafik Temperatur Belakang Rak Server	
Dengan Variasi Posisi Ketinggian <i>Outlet</i>	56
4.4. Karakteristik Perpindahan Panas	60
4.4.1 Contoh Perhitungan	60
4.4.2 Analisa Grafik Perpindahan Panas	62
BAB V PENUTUP	65
5.1 Kesimpulan	65
5.2 Saran	66
DAFTAR PUSTAKA	
LAMPIRAN	

“Halaman ini sengaja di kosongkan”

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Ruang Server.....	2
Gambar 2. 1 (a) Re-circulated air of server, (b) No-circulated air of server.....	5
Gambar 2. 2 (a) Server tidak mengguakan partisi (b) Server menggunakan partisi.....	6
Gambar 2. 3 (a) Contour server tidak mengguakan partisi (b) Contour server menggunakan partisi.....	6
Gambar 2. 4 Model benda uji (Patricia Marunung 2016).....	7
Gambar 2. 5 Mashing pemodelan benda uji	8
Gambar 2. 6 Visualisasi Kontur Temperatur udara Bidang (a) $x/l = -1,5$ dan (b) $x/l = 0,4$ dengan kecepatan $2,5\text{m/s}$..	8
Gambar 2. 7 Pengaruh Variasi kecepatan udara pendingin terhadap distribusi temperatur udara bidang zy pada ketinggian $1,2\text{ m}$	9
Gambar 2. 8 Sistem pendinginan pada ruang server.....	11
Gambar 2. 9 AC Precision	12
Gambar 2. 10 Tipe Pendinginan Dengan Downflow.....	13
Gambar 2. 11 Dell Rackmount Servers	14
Gambar 2. 12 Boundary layer.....	15
Gambar 2. 13 Boundary layer daerah laminar, transisi, dan turbulen.....	15
Gambar 2. 14 Aktivitas molekul perpindahan panas secara konduksi	17
Gambar 2. 15 Boundary Layer perpindahan panas secara konveksi.....	19
Gambar 3. 1 (a) Model Server Room (b)Model Simplifikasi Server Room.....	30
Gambar 3. 2 Model simplifikasi pada GAMBIT 2.5.6	32
Gambar 3. 3 Meshing ruang server.....	32
Gambar 4. 1 Hasil domain tiga dimensi ruang server.....	37

Gambar 4. 2 Tampak atas ruang server.....	38
Gambar 4. 3 Isometrik ruang server dan potongan iso- <i>surface</i> .	39
Gambar 4. 4 Pathline Aliran udara pada server 1 ; $v = 2 \text{ m/s}$	40
Gambar 4. 5 Kontur kecepatan udara pada server 1 ; $v = 2 \text{ m/s}$	42
Gambar 4. 6 Kontur distribusi kecepatan udara pada server 1 ; $v = 2 \text{ m/s}$	43
Gambar 4. 7 Vektor kecepatan udara pada server 1 ; $v = 2 \text{ m/s}$ Posisi ketinggian <i>outlet</i> : (a) 0,5 m ; (b) 1 m ; (c) 1,8 m ; (d) 3 m.....	44
Gambar 4. 8 Kontur temperatur di sekitar rak server 1 ; $v = 2 \text{ m/s}$	45
Gambar 4. 9 Kontur kecepatan udara pada server 2 ; $v = 2 \text{ m/s}$ Posisi ketinggian <i>outlet</i> : (a) 0,5 m ; (b) 1 m ; (c) 1,8 m ; (d) 3 m.....	46
Gambar 4. 10 Kontur kecepatan udara pada server 2 ; $v = 2 \text{ m/s}$ Posisi ketinggian <i>outlet</i> : (a) 0,5 m ; (b) 1 m ; (c) 1,8 m ; (d) 3 m.....	47
Gambar 4. 11 Vektor kecepatan udara pada server 1 ; $v = 2 \text{ m/s}$	48
Gambar 4. 12 Kontur temperatur di rak server 2 ; $v = 2 \text{ m/s}$ Posisi ketinggian <i>outlet</i> : (a) 0,5 m ;(b) 1 m ; (c) 1,8 m ; (d) 3 m.....	50
Gambar 4. 13 Kontur distribusi kecepatan udara pada server 1	51
Gambar 4. 14 Kontur distribusi temperatur udara pada server 1	53
Gambar 4. 15 Kontur distribusi kecepatan udara pada server 2	54
Gambar 4. 16 Kontur distribusi temperatur udara pada server 2	55
Gambar 4. 17 Rak Server Tampak Belakang (sumbu x)	56
Gambar 4. 18 Detail Rak Server 1	60

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 <i>Constants of Equation (2-11)</i>	23
Tabel 3. 1 <i>Boundary Condition</i>	34
Tabel 4. 1 Matrix perbandingan kecepatan dan ketinggian <i>outlet</i> terhadap rak server	59

“Halaman ini sengaja di kosongkan”

BAB I

PENDAHULAN

1.1 Latar Belakang

Setiap perusahaan bersekala nasional maupun internasional khususnya perusahaan yang bergerak di bidang teknologi tentunya memiliki banyak data yang biasanya di simpan pada ruang server. Ruang server adalah sebuah ruangan yang digunakan untuk menyimpan server yang berisi perangkat jaringan komputer yang di dalamnya terdapat database, aplikasi, dan sistem komputer lainnya yang terikat. Sebuah server diharuskan untuk bekerja secara terus menerus agar kebutuhan dari perusahaan dapat terus terjaga, maka dari itu ruang server harus memiliki standar keamanan yang sangat tinggi yang di maksudkan untuk menjaga database yang ada di dalam server dan untuk menunjang sistem pada server agar dapat bekerja secara terus menerus.

Salah satu sistem keamanan yang harus di perhatikan adalah suhu di dalam ruangan dan suhu pada rak dari server. Di dalam server terdapat komponen elektronik yang bila bekerja secara terus menerus akan dapat mengakibatkan *overheat* yang dapat merusak sistem jaringan pada server, maka dari itu diperlukan sistem pendinginan yang optimal yang dapat menunjang kinerja dari server. Mengacu pada standar *ASHRAE*, untuk temperatur ruangan pada server yang di rekomendasikan adalah berkisar antara 18- 27 °C, dan komponen elektronik pada server akan bekerja secara optimal pada temperatur kerja tidak lebih dari 45°C, akan tetapi pada ruang server biasanya temperatur kerja server di jaga agar tidak lebih dari 40°C untuk memastikan server dapat bekerja secara aman.

Untuk mencegah temperatur pada server melebihi batas dari temperatur kritis, maka diperlukan perpindahan panas yang optimum dari server ke lingkungan. Semakin besarnya perpindahan panas pada server, maka temperatur pada server akan semakin menurun. Untuk mengetahui fenomena perpindahan

panas pada server diperlukan simulasi numerik, metode numerik ini menggunakan *software* CFD untuk mengetahui panas yang dilepas oleh server dan distribusi aliran fluida pada ruang server.



Gambar 1. 1 Ruang Server

Pada gambar 1.1 terdapat terdapat ruang server, dimana pada ruang server terdapat 8 server dengan masing masing server memiliki 4 rak server. Dalam penelitian kali ini menggunakan pendinginan dengan posisi *inlet* pada ruang server berjenis *raised floor locally ducted (Under floor)*, lalu akan di variasikan kecepatan *inlet* dan variasi posisi *outlet* pada ruang server sehingga dapat diketahui besarnya perpindahan panas yang lebih baik dengan temperatur udara dan kecepatan aliran udara yang sama.

1.2 Rumusan Masalah

Pada penelitian tugas akhir kali ini, digunakan simulasi numerik menggunakan aplikasi ANSYS 16.2 untuk mengetahui pengaruh posisi *outlet* terhadap proses perpindahan panas pada ruang server dengan temperatur dan kecepatan konstan, dengan sistem pendinginan menggunakan *floor inlet flow*. Oleh sebab itu rumusan masalah yang akan dikaji dalam penelitian tugas akhir ini adalah distribusi temperatur dan distribusi kecepatan pada rak dari server dengan variasi posisi *outlet* yang berbeda beda.

1.3 Batasan Masalah

Untuk mempermudah dalam penyusunan penelitian ini maka diperlukan adanya batasan masalah dan asumsi yang berhubungan dengan penelitian ini, batasan masalah dalam penelitian ini antara lain:

1. Simulasi tiga dimensi yang dilakukan untuk di analisa menggunakan *software* GAMBIT 6.4.6 untuk membuat geometri, dilakukan proses penyederhanaan skema ruangan untuk mempermudah penelitian.
2. *Software* ANSYS 16.2 digunakan untuk proses simulasi untuk mengetahui hasil dari proses yang diinginkan.
3. Analisa dilakukan pada ruangan dengan ukuran 6.8 m x 6 m x 3 m. dengan temperatur ruangan 27 °C.
4. Ukuran server 0.8 m x 1 m x 1.8 m dengan ukuran rak server 0.8 m x 1 m x 0.3 m.
5. Terdapat 8 jumlah server dengan masing masing server memiliki 4 rak dengan nilai *heat flux* sebesar 250 W/m². [7]
6. Variasi ketinggian dari posisi *outlet* sebesar $y = 0.5$ m, $y = 1.5$ m, $y = 1.8$ m dan $y = 0.3$ m dimana dimensi dari *outlet* sebesar 1.2 m x 0.4 m dan variasi dari kecepatan adalah 2 m/s, 2.5 m/s dan 3 m/s.
7. Terdapat 16 lubang perforasi pada lantai dengan dimensi 0,2 m x 0,2 m dengan kecepatan udara pada *inlet* 2 m/s dan temperatur udara 15 °C. [1][6]
8. Fluida yang digunakan adalah udara sebagai gas ideal
9. Simulasi dilakukan dalam kondisi *steady flow* dan *incompressible flow*.
10. Perpindahan panas secara konveksi dengan mengabaikan perpindahan panas secara konduksi dan radiasi pada server.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini dengan sistem pendinginan menggunakan *floor inlet flow* adalah untuk mencegah server bekerja di atas temperatur kritis 40 °C selain itu tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui karakteristik aliran pada server dan perpindahan panas pada server, dengan variasi kecepatan *inlet* dan variasi posisi *outlet*. Dari hasil simulasi dapat diketahui distribusi aliran serta distribusi temperatur pada rak server, sehingga dapat dianalisa kualitas perpindahan panas secara teori maupun secara simulasi.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Dapat mengetahui pengkondisian udara pada ruang server.
2. Menambah wawasan tentang simulasi numerik menggunakan software CFD (*Computational Fluid Dynamic*).
3. Mengembangkan wawasan tentang perpindahan panas secara *free convection*

BAB II

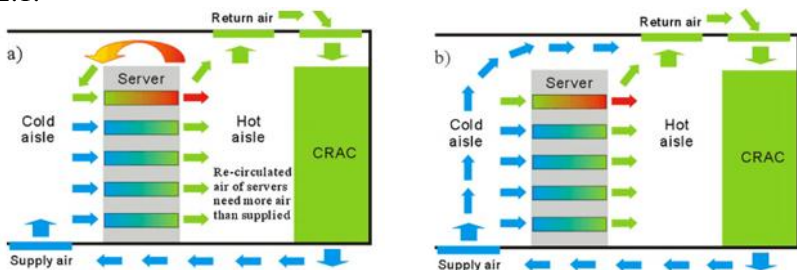
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terdahulu

2.1.1 Jinkyun Cho

Pada tahun 2010, Jinkyun Cho melakukan penelitian berjudul “*Evaluation of air management system thermal performance for superior cooling efficiency in high-density data center*”. Pada penelitian ini bertujuan untuk menganalisa performa dari pendinginan pada rak server dengan penggunaan sistem *aisle partition* pada bagian atas dari server.

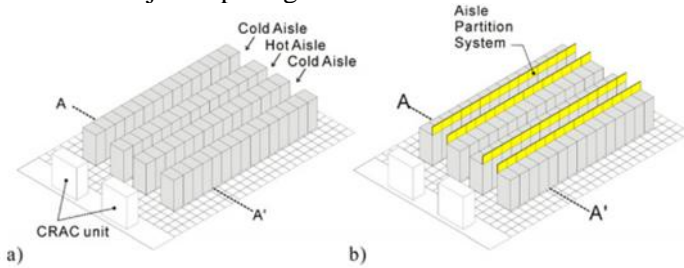
Desain dari ruang server pada umumnya menggunakan sistem CRAC (*Computer Room Air Conditioning*) dengan inlet dari *supply air* pada bagian lantai yang di naikkan atau *raised floor*. Pada ruang server bersekala besar sistem pendinginan seperti ini tidak cukup untuk menanggulangi perpindahan panas pada server, dikarenakan dapat terjadinya sirkulasi udara kembali pada rak server yang dapat menyebabkan *overheating* yang mengakibatkan komponen pada server dapat rusak, seperti ditunjukkan pada gambar 2.1.



Gambar 2. 1 (a) Re-circulated (b) No-circulated air of server

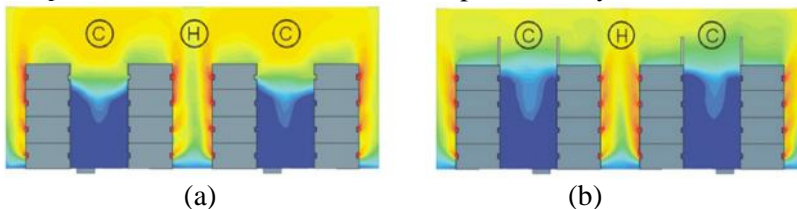
Untuk mengurangi potensi aliran pada rak server bersirkulasi kembali, maka digunakan partisi pada bagian atas dari rak server, seperti ditunjukkan pada gambar 2.2. Untuk mengetahui fenomena aliran udara yang terjadi pada rak server digunakan simulasi numerik menggunakan CFD. Simulasi dilakukan pada ruangan dengan ukuran 8.4 m x 15 m x 3 m dan terdapat 4 line

server, dengan total beban dari server sebesar 4kW, ukuran dari luang perforasi *inlet* sebesar 0.4 m x 0.4 m dengan volume dari udara sebesar 570 CMH/ubin dan temperatur *inlet* sebesar 16°C. Pemodelan di unjukan pada gambar 2.2



Gambar 2. 2 (a) Server tidak menggunakan partisi (b) Server menggunakan partisi

Hasil dari simulasi ditunjukkan dengan visualisasi dari *contour* temperatur, seperti ditunjukkan pada gambar 2.3. Untuk ruangan server yang tidak menggunakan partisi, pada ketinggian antara 0 – 1.8 m distribusi dari temperatur berkisar antara 18-20 °C dan untuk ketinggian antara 1.8 – 2.1 m distribusi dari temperatur sekitar 30 °C. Untuk ruang server dengan menggunakan partisi dapat terlihat, bersirkulasi kembalinya dari udara pada server dapat di atasi dan distribusi dari temperatur menjadi lebih baik, perbedaan temperatur tinggi dan rendah pada ketinggian antara 0 – 2.1 m di server menjadi lebih rendah yaitu kurang dari 10 °C, berbeda dengan ruang server yang tidak menggunakan partisi perbedaan temperatur lebih besar dan maksimum perbedaannya 15 °C.

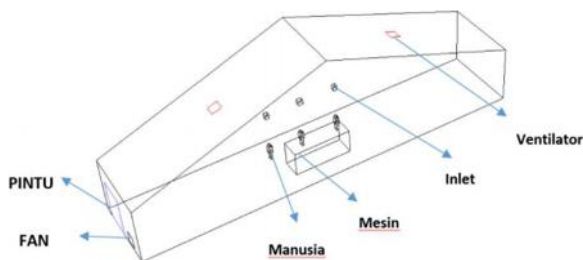


Gambar 2. 3 Contour server (a)tidak mengguakan partisi (b) menggunakan partisi

2.1.2 Patricia Manurung

Pada tahun 2016, Patricia Manurung melakukan penelitian dengan menggunakan pemodelan CFD (*Computational Fluid Dynamics*) yang bertujuan untuk menganalisa pengkondisian udara pada ruang unit produksi PT. PERTAMINA (Persero) – Production Unit Gresik Lubricant. Analisa dilakukan pada distribusi temperatur dan kecepatan udara pada ruangan, sistem pengkondisian udara dirancang untuk menciptakan kondisi udara yang nyaman bagi para pekerja sehingga tercapai suasana kerja yang efektif.

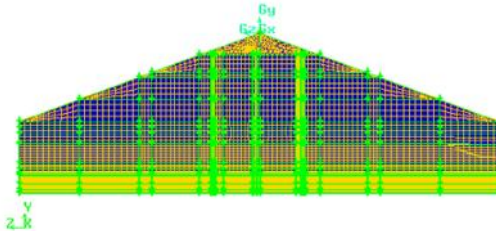
PT. PERTAMINA (Persero) – Production Unit Gresik Lubricant, memiliki luas yang mencapai tiga ribu meter persegi dimana terdapat sumber panas yang mempegaruhi perpindahan panas di dalam ruangan, baik dari para pekerja dan pada perangkat mesin pada ruangan. Perangkat tersebut menghasilkan kalor yang sangat besar seperti mesin pengisi oli, *oven chamber*, kondensor, mesin pengangkut, serta benda benda elektronik yang terdapat pada ruang unit produksi. Sistem pendinginan udara yang sudah diterapkan adalah dengan pemasangan 7 unit *blower* dan 24 *mechanical ventilator*. Berikut gambar 2.4 menunjukan pemodelan benda uji.



Gambar 2. 4 Model benda uji (Patricia Marunung 2016)

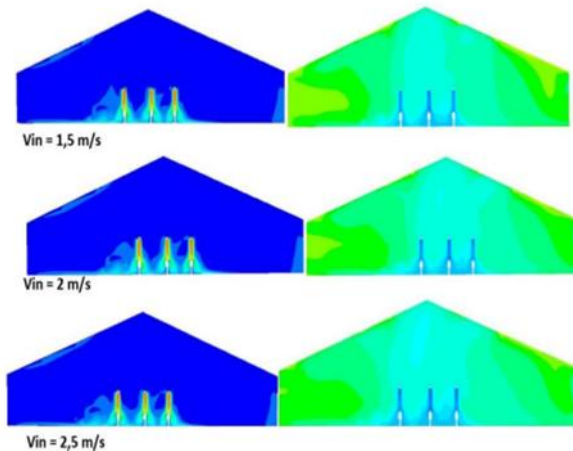
Penelitian ini dilakukan secara numerik dengan FLUENT 6.3.26 pemodelan geometri dibuat menggunakan Gambit 2.4.6 dengan kondisi batas *inlet* dari *blower fan* dan *inlet diffuser* adalah *velocity inlet*, sedangkan *outlet* dari *ventilator* adalah *exhaust fan*,

dan manusia dan mesin yang dijadikan sebagai beban pendinginan adalah *wall*, dan terdapat beban infiltrasi dari pintu yang di jadikan sebagai *pressure inlet*. Berikut gambar 2.5 gambar meshing dari pemodelan benda uji.



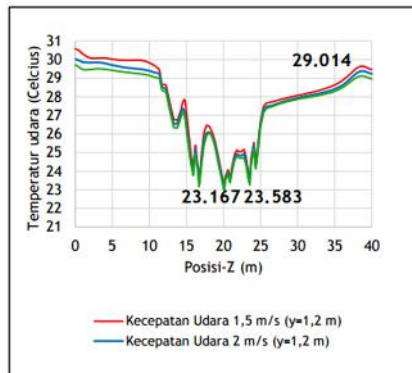
Gambar 2. 5 Mashing pemodelan benda uji

Simulasi pertama yang dianalisa adalah kondisi *existing* ruang unit produksi PT.PERTAMINA (Persero) Production Unit Gresik Lubricant dengan kecepatan sebesar 6 m/s. Simulasi kedua dilakukan dengan variasi beban pendinginan dalam kondisi steady, simulasi dilakukan dengan penambahan *diffuser* pada kecepatan udara pendingin 1,5 m/s; 2 m/s; dan 2,5m/s.



Gambar 2. 6 Visualisasi Kontur Temperatur udara Bidang (a) $x/l = -1,5$ dan (b) $x/l = 0,4$ dengan kecepatan udara 2,5 m/s

Dari hasil simulasi ini didapatkan visualisasi karakteristik aliran dan perpindahan panas yang melewati barisan pekerja yakni diantaranya distribusi temperatur dan kecepatan udara, seperti ditunjukkan pada gambar 2.6 visualisasi kontur kecepatan udara dan temperatur udara dengan variasi kecepatan udara *inlet*. Pengaruh variasi kecepatan udara pendingin yang diberikan diharapkan dapat mendinginkan temperatur pada baris pekerja 1 -5.



Gambar 2. 7 Pengaruh Variasi kecepatan udara pendingin terhadap distribusi temperatur udara bidang zy pada ketinggian 1,2 m

Gambar 2.7 menunjukkan distribusi temperatur udara pada ketinggian 1,2 m. Dapat terlihat melalui grafik di atas kecepatan udara pada jarak 12 m, 20 m, 24 m tidak memberikan perbedaan secara signifikan, yakni pada rentang 23 °C – 25 °C pada zona ini merupakan zona dimana para pekerja melakukan aktivitas pengisian oli. Dapat disimpulkan pada zona ini sudah memenuhi kriteria zona kenyamanan mengacu pada standar ASHRAE dimana zona kenyamanan bagi para pekerja berada pada rentang suhu 23 °C hingga 27 °C.

2.2 Pengkondisian Udara

Kondisi udara pada setiap permukaan bumi tidaklah sama baik temperatur, kelembaban, kecepatan angin dan curah hujan, ada beberapa faktor yang mempengaruhi yaitu letak geografis atau posisi terhadap garis lintang yang memiliki temperatur dan kelembaban yang berbeda beda, selanjutnya yaitu posisi matahari dimana letak posisi matahari mempengaruhi waktu siang atau malam, dan juga posisi bulan yang menandakan kondisi musim yang sedang terjadi di permukaan bumi. Hal ini akan mempengaruhi kondisi udara pada ruangan akibatnya kondisi ruangan yang diinginkan hanya dapat terjadi dalam beberapa waktu saja maka dari itu perlu adanya sistem pengkondisian udara untuk menjaga temperatur yang diinginkan pada suatu ruangan tergantung pada kebutuhan dari ruangan yang di kondisikan tersebut. Sistem pengkondisian udara pada umumnya dibagi menjadi tiga kebutuhan diantaranya :

1. Sistem pengkondisian udara untuk kenyamanan

Mengkondisikan udara dan kelembaban pada ruangan untuk memberikan kenyamanan bagi orang yang melakukan kegiatan

2. Sistem pengkondisian udara untuk industri

Mengkondisikan udara dan kelembaban pada ruangan karena diperlukan untuk kebutuhan dalam proses pembuatan bahan, peralatan atau lain sebagainya

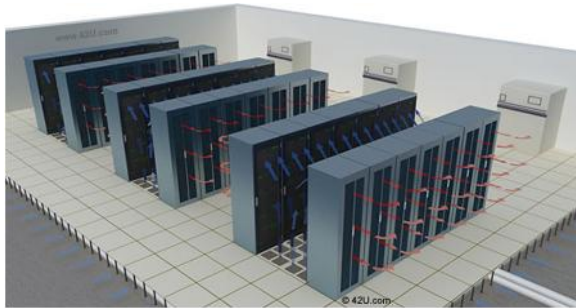
3. Sistem pengkondisian udara untuk penggunaan khusus

Mengkondisikan udara dan kelembaban pada ruangan diperlukan untuk kondisi khusus seperti pada ruang bedah, ruang optik, *clean room*, *server room*.

Sistem pengkondisian udara merupakan proses perlakuan terhadap udara untuk mengatur suhu, kelembaban, kebersihan dan pendistribusian udara secara serentak guna mencapai tingkat keadaan yang diinginkan. Untuk mengkondisikan udara pada suatu ruangan agar tercapai temperatur dan kelembaban yang diinginkan, maka diperlukan perencanaan instalasi pengkondisian udara.

2.2.1 Ruang Server

Ruang server adalah sebuah ruangan yang digunakan untuk menyimpan server (aplikasi dan *database*), perangkat jaringan (*router*, *hub* dll) dan perangkat lainnya yang terkait dengan operasional sistem sehari-hari seperti UPS, AC dan lain-lain. Sebuah ruang server harus memiliki standar keamanan yang melindungi kerja perangkat-perangkat di dalamnya dari mulai suhu udara, kelembaban, kebakaran dan lain-lain. Ruang server adalah aset bagi sebuah perusahaan karena di dalam ruangan ini terdapat aplikasi dan *database* perusahaan oleh karena itu ruangan ini harus selalu dalam kondisi yang baik. Berikut gambar 2.9 menunjukkan sistem pengkondisian udara pada server room.



Sumber : <http://www.stulz-usa.com/en/precision-cooling-indoor/>

Gambar 2. 8 Sistem pendinginan pada ruang server

Standar dari pengkondisian udara mengacu pada *ASHRAE (American Society of Heating Refrigeration and Air Conditioning Engineers)*, dimana terdapat berbagai macam standar untuk proses pendinginan dan pengkondisian udara seperti untuk kenyamanan termal, industri dan untuk penggunaan khusus. Pada penelitian kali ini digunakan standar dari *ASHRAE Thermal Guidelines for Data Processing Enviroments – Expanded Data Center Classes and Usage Guidance 2011* untuk menentukan parameter yang direkomendasikan dalam penelitian dan juga dijadikan sebagai acuan pada penelitian kali ini

2.2.2. Computer Room Air Conditioning (CRAC)

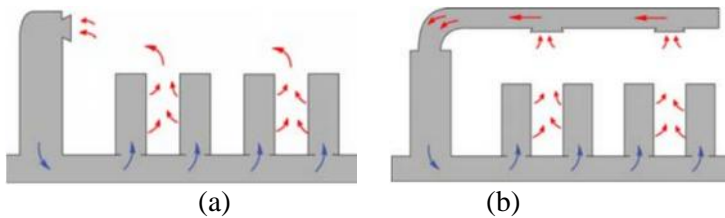
Computer Room Air Conditioning (CRAC) merupakan istilah jenis pendinginan untuk ruang server, biasanya pada ruang server pendinginan menggunakan unit *AC Precision* dengan menggunakan lantai berjenis *raised floor* atau lantai yang di naikkan. Pada unit *AC Precision* udara dingin di hembuskan dari lantai lalu pada lantai terdapat *diffuser* untuk keluaran udara atau *supply air* menuju ruangan, selanjutnya udara dari kemudian bersirkulasi di ruangan dan selanjutnya akan di hisap kembali ke *return air*. Gambar 2.9 menunjukan unit *AC Precision*



Sumber : <http://www.stulz-usa.com/en/precision-cooling-indoor/>

Gambar 2. 9 *AC Precision*

. Pada umumnya *return air* terletak pada bagian atas dari unit *AC Precision* sehingga udara di dinginkan secara langsung pada unit *AC Precision*. Untuk ketinggian posisi *return air* itu sendiri, dapat dimodifikasi sesuai dengan desain ruang server. Berikut Gambar 2.10 tipe pendinginan dengan *downflow*



(Sumber : Rasmussen, *Air Distribution Architecture Options for Mission Critical Facilities*, 2003)

Gambar 2. 10 Tipe Pendinginan Dengan Downflow

Tujuan penting dari sistem pendinginan ruang server adalah memisahkan antara udara panas keluaran dengan udara kondisi untuk mencegah *overheating* pada komponen server. Pemisahan ini juga secara signifikan meningkatkan efisiensi dan kapasitas pendinginan sistem. Terlihat pada gambar 2.5 (a) adalah sistem distribusi pendinginan dengan *locally ducted supply and flooded return*, dimana pada sistem distribusi seperti ini *supply air* keluar dari lantai berjenis *raised floor* dan *return air* berasal dari unit AC Precision. Sedangkan gambar 2.5 (b) *locally ducted supply and locally ducted return* saluran udara *return air* yang di berikan *ducting* agar sirkulasi udara menjadi lebih merata.

2.2.3 Rak Server

Rak server adalah sebuah rak yang digunakan untuk meletakkan perangkat server atau jaringan *network* seperti *switch hub* dan komputer server. Rak server adalah sebuah rak yang memiliki bentuk memanjang ke atas berfungsi untuk menghemat tempat dalam sebuah ruang server. Rak server biasa disebut juga dengan *rack mounting-server*, rak ini biasanya digunakan pada perusahaan yang membutuhkan tempat penyimpanan data yaitu pusat data. Adapun manfaat utama rak server ini adalah sebagai ruang atau tempat yang lebih efisiensi dan peralatan *maintenance* menjadi lebih mudah. Konfigurasi rak server juga bermanfaat untuk menyederhanakan pemasangan kabel antara komponen jaringan yang lain.

Selain itu dalam sebuah peralatan rak server juga dibutuhkan sistem pendinginan yang khusus digunakan untuk mencegah panas yang berlebihan. Pasalnya jika terdapat banyak panas yang berlebihan akan mengganggu kerja dari perangkat. Oleh karena itu, penggunaan sensor suhu yang diletakkan di rak server menjadi sebuah solusi untuk mengendalikan suhu.

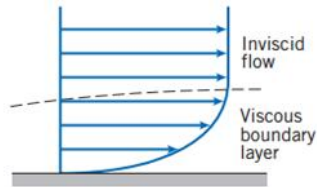


Sumber : <https://cloudninja.com/dell-memory/rackmount-server/>

Gambar 2. 11 Dell Rackmount Servers

2.3 Aliran Fluida

Fluida merupakan sebuah zat yang akan terdeformasi secara terus menerus jika dikenai tegangan geser, fluida dapat dibedakan menjadi dua jenis yaitu cairan dan gas. Aliran fluida dapat diartikan sebagai gerakan dari fluida melalui suatu penampang, pada saat fluida melewati suatu penampang akan terbentuk suatu *boundary layer* yang memisahkan antara *viscous flow* dan *inviscid flow*. Berikut gambar 2.12 merupakan gambar dari boundary layer.

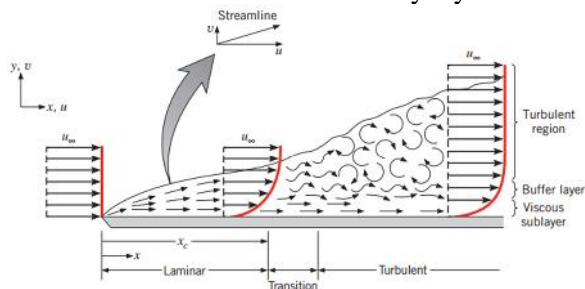


Sumber : <https://www.grc.nasa.gov/www/k-12/airplane/boundlay.html>

Gambar 2. 12 Boundary layer

Boundary layer merupakan lapisan tipis yang terbentuk ketika fluida mengalir melalui sebuah penampang, daerah di dalam *boundary layer* dimana tegangan geser sangat berpengaruh dinamakan aliran viscous dan daerah di luar *boundary layer* dimana tidak ada pengaruh tegangan geser dinamakan aliran inviscid. Aliran viscous merupakan aliran dimana viskositas fluida sangat berpengaruh sehingga menghasilkan tegangan geser aliran pada dinding dari penampang yang di lewati sedangkan aliran inviscid merupakan aliran dimana viskositas fluida di asumsikan 0 sehingga tegangan geser tidak berpengaruh.

Terdapat 3 jenis aliran fluida pada aliran di dalam daerah *boundary layer* atau aliran viscous yaitu aliran laminar, transisi, dan turbulen aliran tersebut dibedakan berdasarkan nilai *Reynolds*. Berikut Gambar 2.13 ilustrasi dari boundary layer.



Sumber : Incropera, F. P. and D. P. Dewitt, 1981

Gambar 2. 13 Boundary layer daerah laminar, transisi, dan turbulen

1. Aliran laminar

Aliran laminar merupakan aliran yang dimana struktur aliran dibentuk oleh partikel partikel fluida yang bergerak secara berlapis lapis, dimana setiap lapisan bergerak diatas lapisan lainnya. Pada aliran laminar pengaruh dari gaya inersia tidak signifikan sementara pengaruh dari viskositas dari fluida yang sangat dominan. Berikut bilangan *Reynolds* untuk aliran laminar :

$$\begin{array}{l} \text{) } Re < 5 \times 10^5 \text{ untuk aliran external} \\ \text{) } Re < 2300 \text{ untuk aliran internal} \end{array}$$

2. Aliran transisi

Aliran transisi merupakan aliran peralihan dari aliran laminar ke aliran turbulen. Berikut bilangan *Reynolds* untuk aliran transisi :

$$\begin{array}{l} \text{) } Re = 5 \times 10^5 \text{ untuk aliran external} \\ \text{) } Re = 2300 \text{ untuk aliran internal} \end{array}$$

3. Aliran turbulen

Aliran turbulen merupakan aliran dimana partikel partikel fluida bergerak secara bercampur dan acak setiap partikel meumbuk partikel lainnya sehingga terjadi pertukaran energi. Pada aliran turbulen pengaruh dari gaya inersia sangat signifikan dan pengaruh dari viskositas fluida tidak begitu berpengaruh. Berikut bilangan *Reynolds* untuk aliran turbulen :

$$\begin{array}{l} \text{) } Re > 5 \times 10^5 \text{ untuk aliran external} \\ \text{) } Re > 2300 \text{ untuk aliran internal} \end{array}$$

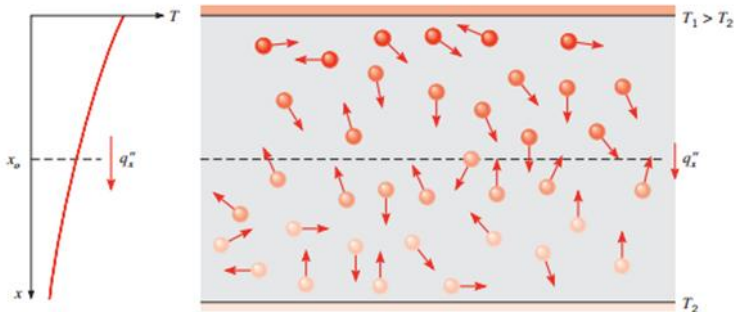
2.4 Perpindahan Panas

Perpindahan panas dapat didefinisikan sebagai berpindahnya energi dari satu daerah ke daerah lainnya sebagai akibat dari beda suhu antara daerah-daerah tersebut dari temperatur fluida yang lebih tinggi ke fluida lain yang memiliki temperatur lebih rendah. Perpindahan panas pada umumnya dibedakan

menjadi tiga cara perpindahan panas yang berbeda : konduksi, konveksi, dan radiasi.

2.4.1 Konduksi

Kalor dari suatu bagian benda bertemperatur lebih tinggi akan mengalir menuju bagian bertemperatur rendah, melalui suatu zat atau partikel tanpa adanya fluida yang mengalir ini dapat disebut sebagai perpindahan panas secara konduksi. Ditinjau dari sudut teori, secara molekul semakin besarnya temperatur pada permukaan benda maka semakin besar juga energi molekulnya pada saat energi molekul sangat besar maka molekul ini akan bergerak secara acak dan mentransferkan energinya pada molekul yang lainnya yang energinya lebih kecil begitu seterusnya hingga dapat menyebabkan temperatur dapat menurun. Adapun aktifitas molekul perpindahan panas secara konduksi dapat dilihat pada gambar 2.14.



Sumber : Incropera, F. P. and D. P. Dewitt, 1981

Gambar 2. 14 Aktivitas molekul perpindahan panas secara konduksi

Persamaan umum laju konduksi untuk perpindahan panas secara konduksi dapat dikenal dengan hukum Fourier. Persamaan dasar untuk konduksi satu dimensi dalam keadaan *steady* dapat ditulis :

$$q'' = -k \frac{dT}{dx} \quad (2-1)$$

dimana : q'' = laju perpindahan panas dengan cara konduksi, W

T = gradien suhu pada penampang, K

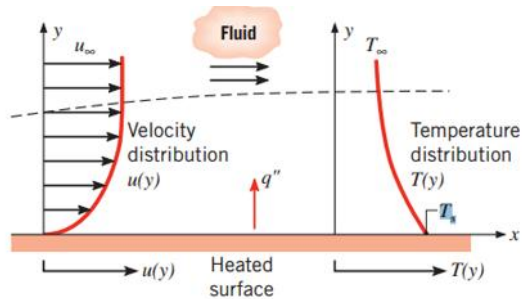
x = jarak dalam arah aliran panas, m

K = konduktivitas thermal bahan, W/m K

2.4.2 Konveksi

Perpindahan panas secara konveksi merupakan perpindahan panas yang disebabkan oleh dua mekanisme perpindahan panas yang pertama adalah perpindahan panas yang disebabkan perpindahan energi dari molekul yang bergerak secara acak semakin besar temperatur maka semakin besar juga energinya dan semakin acak juga pergerakan dari molekul lalu molekul tersebut mentransferkan energi ke molekul yang lainnya pergerakan acak dari molekul disebut juga dengan (*diffusion*) yang kedua adalah perpindahan energi juga disertai dengan adanya gerakan dari fluida atau disebut juga dengan (*advection*).

Perpindahan panas secara konveksi menyebabkan terbentuknya dua *boundary layer* yang pertama adalah *viscous boundary layer* yang menunjukkan profil distribusi kecepatan dari aliran dan yang kedua adalah *thermal boundary layer* yang menunjukkan profil distribusi temperatur, ketika kecepatan aliran semakin kecil maka pergerakan secara acak dari molekul (*diffusion*) semakin mendominasi dan *boundary layer* yang terbantu akan semakin menukik. Seperti ditunjukkan pada Gambar 2.15.



Sumber : Incropera, F. P. and D. P. Dewitt, 1981

Gambar 2. 15 Boundary Layer perpindahan panas secara konveksi

Perpindahan panas secara konveksi dibagi menjadi dua klasifikasi yang pertama adalah perpindahan panas konveksi secara paksa (*Forced Convection*) yang kedua adalah perpindahan panas konveksi secara alami (*Free Convection*)

a) *Forced Convection*

Perpindahan panas secara konveksi paksa fluida disebabkan oleh aliran yang dipengaruhi oleh faktor *external* seperti *fan*, *bower* dan lain sebagainya. Berikut merupakan persamaan dari perpindahan panas secara konveksi:

$$q''_{conv} = h (T_s - T_{\infty}) \quad (2-2)$$

dimana:

q''	: heat flux, W/m ²
h	: koefisien konveksi, W/m ² K
T_s	: temperatur permukaan, K
T_{∞}	: temperatur fluida, K

Dalam menentukan nilai dari perpindahan panas secara konveksi perlu diperhatikan beberapa parameter tak berdimensi (*dimensionless parameter*). Adapun parameter yang digunakan untuk mencari nilai dari koefisien perpindahan panas secara konveksi diantaranya adalah *Reynolds Number* dan *Prandtl Number* yang digunakan untuk mencari *Nusselt Number* dimana

nilai dari *Nusselt Number* digunakan untuk mencari nilai dari koefisien perpindahan panas secara konveksi.

) *Reynolds Number (Re)*

Reynolds Number adalah bilangan tak bedimensi yang merupakan rasio antara *inertia force* dan *viscous force*. Bilangan *Reynolds* digunakan sebagai acuan untuk melihat jenis jenis dari aliran apakah aliran tersebut merupakan aliran laminar, aliran transien atau aliran turbulen. Terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi jenis aliran antara lain kecepatan aliran, besaran masa jenis dari fluida, kekentalan dan diameter atau panjang dari lintasan. Berikut merupakan persamaan dari *Reynolds Number* :

$$Re = \frac{V_{\infty} x}{\nu} \quad (2-3)$$

dimana :

Re	= <i>Reynolds number</i>
V_{∞}	= Kecepatan fluida, m/s
ν	= Viskositas Kinematik, m ² /s
x	= Jarak dari <i>leading edge</i> , m

) *Prandtl Number (Pr)*

Prandtl Number merupakan rasio antara *momentum* dan *thermal diffusivity*. Ketika nilai *prandtl number* < 1 menandakan nilai *thermal diffusivity* lebih dominan daripada *momentum*, dan *thermal boundary layer* yang terbentuk akan lebih besar di bandingkan *velocity boundary layer*, begitu juga sebaliknya ketika nilai *prandtl number* > 1 menandakan *momentum* lebih dominan, dan *velocity boundary layer* yang terbentuk akan lebih besar dibandingkan *thermal boundary layer*. Berikut merupakan persamaan dari *Prandtl Number (Pr)*:

$$Pr = \frac{\nu}{\alpha} = \frac{\mu C_p}{k} \quad (2-4)$$

dimana :

C_p	= Kalor spesifik fluida pada tekanan tetap, kJ/kg K
k	= Konduktivitas termal, W/m K
μ	= <i>Dymanic Viscosity</i> , kg/s m

$$\begin{aligned} \nu &= \text{Kinematic Viscosity, m}^2/\text{s} \\ &= \text{Thermal Diffusivity, m}^2/\text{s} \end{aligned}$$

) Nusselt Number

Nusselt Number merupakan rasio antara perpindahan panas konveksi pada fluida dan perpindahan panas secara konduksi pada fluida, nilai *nusselt number* digunakan untuk mencari nilai koefisien perpindahan panas secara konveksi (h). Berikut persamaan *nusselt number* (Nu):

$$N = \frac{hL}{k} \quad (2-5)$$

dimana : h = Koefisien perpindahan panas konveksi, W/m^2K
 L = Panjang karakteristik, m
 k = Konduktivitas termal, $W/m K$

Dalam perpindahan panas secara konveksi terdapat 2 macam aliran yang melewati penampang yaitu konveksi secara *internal flow* dan konveksi secara *external flow*. Pada penelitian kali ini aliran diasumsikan melewati penampang secara *external flow*, untuk menentukan nilai dari koefisien perpindahan panas secara konveksi terdapat beberapa macam asumsi aliran fluida yang melewati penampang, salah satunya adalah aliran fluida di asumsikan melewati *flat plate* dengan *constant heat flux* sehingga rak server memiliki nilai *temperatur surface* (T_s) dan *temperatur fluid* (T_∞) yang berbeda di setiap panjang dari penampangnya. Selain dari itu perpindahan panas pada server dapat juga di asumsikan sebagai aliran melewati penampang persegi panjang dengan menggunakan *diameter hidrolis* untuk mengetahui nilai pengali dari jenis penampang yang melewati server, dengan menggunakan persamaan ini *temperatur surface* (T_s) pada rak server diasumsikan konstan

a. Persamaan untuk *flat plate* dengan *constant heat flux* :

➤ *Nusselt Local*

) Aliran Laminer

$$N_x = 0,453 R_x^{1/2} P^{1/3} \quad \text{Pr} \geq 0,6 \quad (2-6)$$

) Aliran Turbulen

$$N_x = 0,0308 R_x^{4/5} P^{1/3} \quad 0,6 \leq \text{Pr} \leq 60 \quad (2-7)$$

➤ *Average Nusselt*

$$\overline{N}_x = 0,680 R_x^{1/2} P^{1/2} \quad (2-8)$$

Selanjutnya setelah mengetahui nilai dari *nusselt number* nilai dari *surface temperatur* dapat diketahui dengan persamaan :

➤ *Local Temperatur Surface*

$$T_s(x) = T_\infty + \frac{q_s''}{h_s} \quad (2-9)$$

➤ *Average Surface Temperatur*

$$(\overline{T_s} - T_\infty) = \frac{q_s'' L}{k \overline{N}_L} \quad (2-10)$$

b. Persamaan untuk *noncircular cylinder cross flow* :

➤ *Average Nusselt Number*



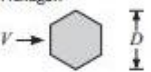
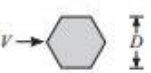

Pada penelitian kali ini untuk mencari nilai rata rata *Nusselt Number* dapat menggunakan 2 persamaan.

1. Persamaan *Hilpert*

$$\overline{N}_D = \frac{\bar{h} L}{k} = C R_D^m P^n \quad \text{Pr} \geq 0,7 \quad (2-11)$$

Pada persamaan ini nilai *C*, *m* dan *n* dapat dilihat pada tabel 2.1 dan semua *properties* di evaluasi pada *temperatur film* (T_f).

Tabel 2. 1 Constants of Equation (2-11)

Geometry	Re_D	C	m
Square 	6000–60,000	0.304	0.59
	5000–60,000	0.158	0.66
Hexagon 	5200–20,400	0.164	0.638
	20,400–105,000	0.039	0.78
Thin plate perpendicular to flow  <div style="display: inline-block; vertical-align: middle; margin-left: 10px;"> Front Back </div>	10,000–50,000 7000–80,000	0.667 0.191	0.500 0.667

2. Persamaan Churchill and Breinstein

$$\overline{N}_D = 0.3 + \frac{0.6 R_D^{1/2} P^{1/3}}{[1 + (0.4/P)^{2/3}]^{1/4}} \left[1 + \left(\frac{R_D}{2,0} \right)^{5/8} \right]^{4/8} \quad (2-12)$$

Pada persamaan ini dapat digunakan untuk semua nilai *Reylond* (R_D) dan semua *properties* di evaluasi pada *temperatur film* (T_f).

b) *Free Convection*

Perpindahan panas secara konveksi alami yang disebabkan oleh gaya *buoyancy*. Pada temperatur yang bersuhu lebih rendah memiliki densitas lebih tinggi yang akan menyebabkan densitas turun ke bawah, pada bagian temperatur yang bersuhu lebih tinggi memiliki densitas yang rendah yang menyebabkan densitas akan naik ke atas, fenomena ini disebabkan oleh adanya gaya gravitasi. Berikut persamaan yang dapat di gunakan untuk menghitung rak server bagian belakang

1. Grashof Number

Grashof Number merupakan parameter tak berdimensi untuk menghitung rasio antara *buoyancy force* terhadap *viscous force* pada fluida. Berikut persamaan *grashof number*

$$Gr = \frac{g (T_s - T_\infty) L^3}{\nu^2} \quad (2-13)$$

Dengan	g	= Gravitasi
	L	= Panjang Server
	ν	= Kinematic Viscosity (m^2/s)
	T_s	= Temperature Surface
	T	= Temperature infinite
		= $1/T_f$

2. Rayleigh Number

Rayleigh Number merupakan bilangan tak berdimensi yang digunakan untuk mengukur rasio *inertial* terhadap *viscous force* pada fluida

$$Ra = Gr Pr = \frac{g (T_s - T_\infty) L^3}{\nu} \quad (2-14)$$

Dengan	g	= Gravitasi
	L	= Panjang Server
	ν	= Kinematic Viscosity (m^2/s)
	T_s	= Temperature Surface
	T	= Temperature infinite
		= $1/T_f$
		= Thermal Diffusivity (m^2/s)

3. Nusselt Number

Persamaan *nusselt number* pada penelitian kali ini diunakan untuk menghitung rak server bagian belakang, dengan pendekatan konveksi alami yang melalui vertikal plat. Untuk *laminar flow* ($10^4 \leq Ra \leq 10^9$), $C = 0.59$ $n = 1/4$. Berikut persamaan

menggunakan *laminar flow* pada vertikal plat

$$\overline{N}_L = 0.69 + \frac{0.6 R_L^{1/4}}{[1 + (0.4 / P)^{1/4}]^{4/9}} \quad (2-15)$$

2.5 Pemodelan CFD (*Computational Fluid Dynamic*)

CFD (*Computational Fluid Dynamic*) merupakan perangkat lunak yang digunakan untuk menganalisa pemodelan berdasarkan persamaan kontinuitas, momentum, dan energi. Metode ini sering digunakan sebagai proses simulasi *thermalfluid* untuk menyelesaikan berbagai permasalahan *engineering*. Dalam menggunakan metode ini, perlu adanya pemahaman mendalam tentang fenomena fluida dan perpindahan panas agar simulasi yang dilakukan dapat merepresentasikan kondisi nyata. Dalam melakukan penelitian ini dilakukan proses simulasi dengan tiga langkah pengerjaan yaitu *Pre-Processing*, *Processing* dan *Post-Processing*.

1. *Pre-Processing*

Pada langkah *Pre-Processing* digunakan software GAMBIT untuk pembuatan geometri model. Geometri model harus sesuai dengan dimensi serta parameter parameter lainnya pada kondisi nyata. Langkah yang dilakukan selanjutnya adalah membagi domain pemodelan yang telah dibuat menjadi bagian bagian kecil (*grid*). Pada umumnya, proses ini dinamakan *meshing*. Kualitas dari hasil simulasi sangat dipengaruhi oleh kualitas *meshing*. Semakin besar jumlah *grid*, maka kualitas hasil simulasi semakin baik. Pada umumnya, jumlah *grid* yang dibuat harus optimal karena semakin banyak jumlah *grid*, maka semakin lama juga proses simulasi berlangsung dan diperlukan perangkat komputer dengan kualitas yang tinggi. Langkah selanjutnya adalah pemberian kondisi batas (*boundary condition*) seperti *wall*, *velocity inlet* *ouflow*, dan lain lain. Pemberian kondisi batas ini perlu dilakukan untuk mendefinisikan domain yang telah dibuat.

2. *Processing*

Tahap selanjutnya adalah *Processing* yang merupakan tahap simulasi pada domain pemodelan yang telah dibuat.

Keseluruhan tahap ini dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak ANSYS 17.2. Pada tahap *Processing*, langkah yang harus dilakukan adalah memberikan beberapa parameter yang digunakan untuk proses simulasi. Beberapa parameter tersebut yaitu :

a. Model 3D

Pada penelitian kali ini, model tiga dimensi digunakan karena domain yang disimulasikan ruangan yang terdapat server didalamnya dan berbentuk tiga dimensi. Terdapat 2 jenis model simulasi yaitu *single precision* dan *double precision*. Pemodelan jenis *double precision* digunakan karena pada geometri 3D dengan terdapat volume yang lebih kecil yaitu server didalam suatu volume ruangan maka untuk model seperti ini lebih di anjurkan menggunakan pemodelan jenis *double precision*.

b. Solver

Pada pengaturan *Solver*, terdapat pengaturan tentang jenis basis dari simulasi. Terdapat beberapa jenis *solver* pada simulasi kali ini diantaranya basis tekanan dan basis *density*.

c. *Energy Equation*

Pengaturan *Energy Equation* diaktifkan karena pada simulasi kali ini dibutuhkan adanya perhitungan persamaan energi. Perhitungan persamaan energi perlu dilakukan pada simulasi karena analisa memerlukan adanya analisa tentang distribusi perpindahan panas, *Nusselt Number*, dan lain lain.

d. *Material*

Pada pengaturan material, terdapat pengaturan tentang material *fluida* dan material *solid* yang digunakan pada saat simulasi berlangsung. Jenis dan *properties* material harus

sesuai dengan kondisi operasi nyata agar simulasi yang dilakukan menghasilkan data yang akurat

e. *Operating Condition*

Pada menu *Operating Condition*, terdapat pengaturan tekanan yang ada pada domain simulasi. Besar nilai tekanan tersebut harus sesuai dengan kondisi nyata.

f. *Boundary Condition*

Pada menu *Boundary Condition*, terdapat pengaturan pemberian nilai dari hasil pemberian kondisi batas tahap *Pre-Processing*.

g. *Control Monitoring and residual Solution*

Pada menu *Control Monitoring and Residual Solution*, terdapat pengaturan tentang jenis perhitungan numerik seperti *First Order*, *Second Order Upwind*, dan lain lain. Pada menu ini juga dilakukan pengaturan tentang pembatasan nilai *error* yang diijinkan dari hasil proses perhitungan. Semakin kecil batas *error* yang diterima. Maka hasil proses simulasi akan semakin akurat.

h. *Initialize Condition*

Pada menu *Initialize Condition*, terdapat pengaturan tentang nilai awal dari proses perhitungan. Nilai awal dari proses perhitungan secara numerik ini dapat dilakukan dari berbagai tempat pada domain.

i. *Iteration*

Setelah seluruh proses pengamatan dilakukan proses simulasi dimulai dengan melakukan iterasi hingga mencapai

convergen jika sistem tidak mencapai *convergen* maka dapat dilihat pada nilai *flux* dari *inlet* dan *outlet*, jika nilainya 10^{-7} maka sistem dapat dikatakan *convergen*.

3. *Post Processing*

Tahap yang terakhir yaitu *Post-Processing*. Pada tahap ini, dilakukan analisis dari hasil simulasi secara keseluruhan. Data yang dihasilkan dapat ditampilkan secara kualitatif seperti *contour* kecepatan dan *contour temperatur*, lalu vektor dari kecepatan dan yang terakhir arah aliran yang dapat dilihat pada *pathline*. Selain itu, hasil dari simulasi dapat ditampilkan secara kuantitatif seperti nilai *Nusselt Number*, *Heat Transfer Coefficient*, dan nilai temperatur. Dari kedua jenis data ini diharapkan dapat menunjang analisa pada penelitian kali ini agar hasil yang didapatkan akan menjadi semakin akurat.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Tahapan Penelitian

Dalam melakukan penelitian mengenai studi numerik tentang distribusi temperatur serta perpindahan panas pada rak server dan juga aliran udara pada rak server. Terdapat beberapa tahapan yang dilakukan antara lain:

1. Studi Kasus

Permasalahan yang diangkat adalah bagaimana pengaruh perbedaan posisi *outlet* dengan temperatur dan kecepatan yang sama, terhadap perpindahan panas pada rak server dan karakteristik aliran pada rak server yang di simulasikan pada ANSYS 16.2

2. Studi Literatur

Pembahasan dari permasalahan tersebut mengikuti pembahasan dari studi literatur mengenai simulasi numerik yang berkaitan dengan distribusi temperatur dan kecepatan udara yang terjadi pada suatu ruangan. Studi literatur diperoleh dari *e-book*, buku-buku, jurnal, dan penelitian terdahulu yang berkaitan dengan permasalahan.

3. Pengambilan Data

Pengambilan data yang menjadi obyek penelitian kali ini adalah dengan melihat standar pada server room yang terdapat pada ASHRAE dan juga pada studi literatur penelitian terdahulu yang berkaitan.

4. Permodelan dan Simulasi

Tahapan ini dilakukan dengan *pre-processing*, *processing*, dan *post-processing*. *Pre-processing* dilakukan dengan membuat geometri, penentuan *meshing*, dan penentuan *boundary*

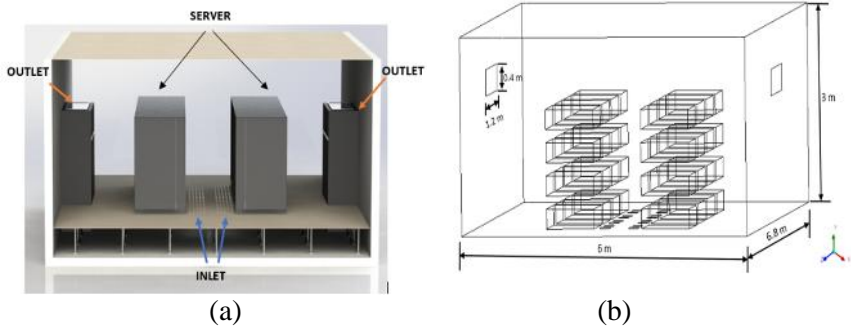
condition dengan menggunakan *software* GAMBIT 2.4.6. *Processing* dilakukan dengan melakukan simulasi dari *meshing* geometri yang telah dibuat. *Post-processing* dilakukan dengan menampilkan hasil simulasi berupa distribusi temperatur dan kecepatan. Proses *processing* dan *post-processing* dilakukan dengan menggunakan *software* ANSYS 16.2

5. Pengolahan dan Analisa Data Hasil Simulasi

Setelah mendapatkan data secara kuantitatif maupun kualitatif, data di olah dan dianalisa dari hasil simulasi dan juga secara teori. Setelah seluruh tahapan telah dilakukan dan hasil penelitian yang telah dibahas kemudian disusun dalam bentuk laporan sistematis.

3.2 Pengumpulan Data

Dalam tugas akhir ini yang menjadi obyek penelitian adalah ruang server, dengan sistem pengkondisian udara dengan *inlet air* berjenis *raised floor locally ducted* dengan temperatur *inlet* 15°C dan *heat flux* pada rak sebesar 250 W/m² [7].



Gambar 3. 1 (a) Model Server Room (b) Model Simplifikasi Server Room

Data yang digunakan adalah sebagai berikut:

Ø Dimensi ruangan	: 6,8m x 6m x 3m
Ø Dimensi <i>Inlet</i>	: 0.2 m x 0.2 m
Ø Dimensi <i>Outlet</i>	: 1.2 m x 0.4 m
Ø Dimensi server	: 1m x 0,8m x 2,3m
Ø Dimensi rak	: 1m x 0,8m x 0,3m
Ø Jumlah server	: 8 unit
Ø Jumlah rak	: 32 buah
Ø <i>Temperatur Inlet</i>	: 15 °C
Ø <i>Variasi Inlet flow</i>	: 2 m/s, 2.5m/s dan 3m/s
Ø <i>Variasi posisi outlet</i>	: 0.5 m, 1 m, 1.8 m dan 3 m

3.3 Pemodelan dan Simulasi

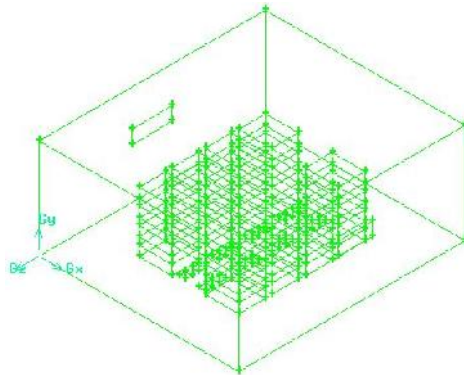
Pemodelan dan simulasi ini dilakukan dengan menggunakan *software* GAMBIT 2.4.6 dan ANSYS 16.2. Urutan pembuatan adalah sebagai berikut:

3.3.1. *Pre Processing*

Tahapan *pre-processing* adalah tahap pembuatan model dan geometri. Adapun proses yang dilakukan dalam *software* GAMBIT 2.4.6 adalah sebagai berikut :

a. Membuat Model

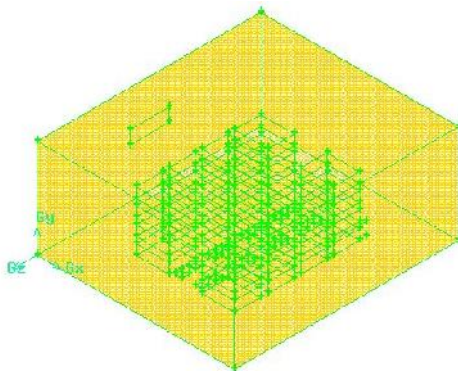
Menggambar model uji berupa bentuk ruang server. Berikut ini adalah gambar dari ruang server dan *simplifikasi* model menggunakan *software* GAMBIT 2.4.6



Gambar 3. 2 Model simplifikasi pada GAMBIT 2.5.6

b. Membuat Meshing

Yaitu membagi model *solid* menjadi elemen-elemen kecil sehingga kondisi batas dan beberapa parameter yang diperlukan dapat diaplikasikan ke dalam elemen-elemen tersebut. Kualitas dan kuantitas *mesh* yang digunakan sangat mempengaruhi proses penyelesaian simulasi. *Meshing* yang digunakan pada penelitian tugas akhir ini antara lain: *hexagonal*, dengan jumlah *cell meshing* 331032.



Gambar 3. 3 Meshing ruang server

c. Menentukan *Boundary Condition*

Setelah *meshing* dibuat kemudian dilakukan penentuan *boundary condition*. Untuk *inlet* fluida berupa udara yang bersifat *incompressible* maka dipilih *boundary condition* berupa *velocity inlet*. Pada bagian *outlet* dipilih *boundary condition* berupa *outflow*. Sedangkan *boundary condition* untuk rak server, atap, dinding dan lantai adalah *wall*

3.3.2 *Processing*

Pada tahap ini dilaklkan proses simulasi berdasarkan hasil *meshing* dari geometri yang telah dibuat dengan menggunakan *software* ANSYS 16.2. Adapun proses yang dilakukan antara lain:

1. *Solver Models*

Pemodelan ini menggunakan *solver* 3D dengan keakuratan tunggal. Pada penelitian ini digunakan *solver segregated* untuk menyelesaikan persamaan tersebut secara bertahap (terpisah antara satu persamaan dengan persamaan yang lain). *Solver* yang digunakan berbasis tekanan (*pressure based*). Pada sub menu *viscous*, dipilih *turbulence model k- Standar*. Pada sub menu energi, persamaan energi diaktifkan dalam mendukung penyelesaian *heat transfer* terhadap perubahan temperatur.

2. *Material*

Dalam tahap ini dilakukan pengaturan *properties* fluida masuk berupa udara dengan temperatur *inlet* sebesar 15°C (288 K). *Properties* diperoleh dengan melihat tabel A.4 untuk udara pada buku “*Fundamental Heat and Mass Transfer sixth edition*” Incropera, dkk (2002).

3. *Operating Condition*

Merupakan perkiraan kondisi daerah operasi yang biasanya merupakan perkiraan tekanan pada daerah operasi yakni sebesar 1 atm (101325 Pa).

4. *Boundary Condition*

Informasi variabel yang akan di simulasikan dimasukan sebagai parameter nilai untuk setiap *boundatry condition*.

Tabel 3. 1 *Boundary Condition*

Boundary Condition	Keterangan	Nilai	Variasi
Inlet (Diffuser)	<i>Velocity inet</i>	-	2 m/s, 2.5 m/s, 3 m/s
Outlet	<i>Outflow</i>	-	y = 0.5 m, y = 1 m, y = 1.8 m, y = 3 m
Server	<i>Wall</i>	250 W/m ²	-
Dinding	<i>Wall</i>	300 K	-

5. *Control and Monitoring Solution*

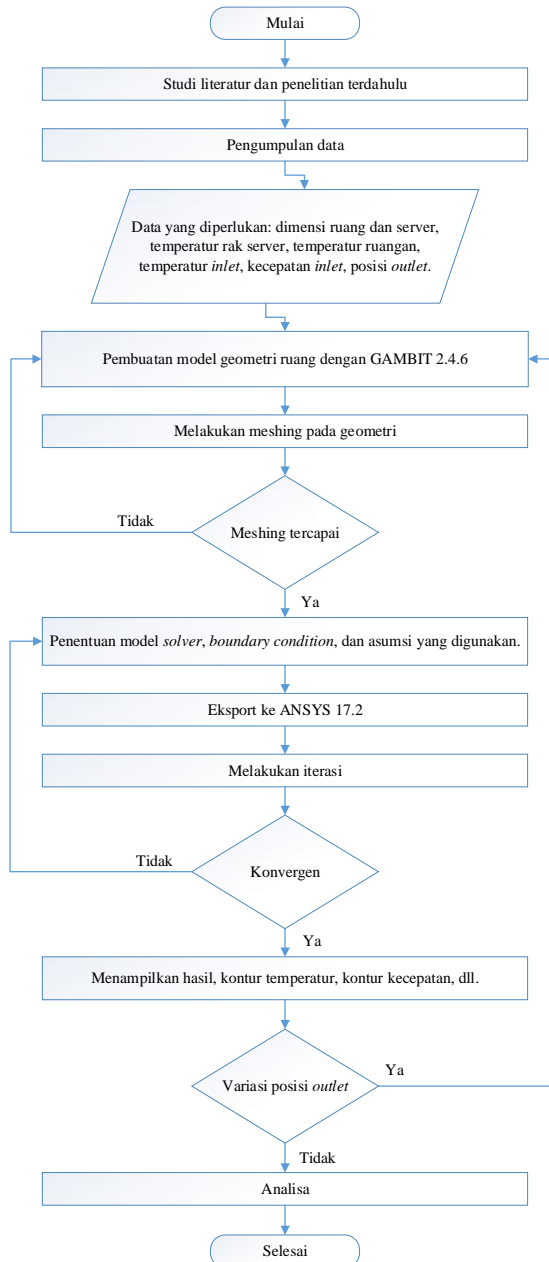
Solution control untuk metode *steady* yang digunakan adalah metode *pressure-velocity coupling* adalah SIMPLEC dengan diskritisasi standar untuk *pressure* dan *second order upwind* untuk parameter lainnya. Pada *monitoring solutions* dilakukan pengaturan kriteria *residual* untuk parameter energi sebesar 10^{-6} , sedangkan parameter lain diatur tingkat konvergensinya sebesar 10^{-5} .

3.3.3 *Post Processing*

Pada tahap akhir dari simulasi, didapatkan data secara kualitatif baik dari segi kontur, vektor dari temperatur, perpindahan panas, maupun kecepatan aliran. Selanjutnya ditinjau data secara kuantitatif yang dijadikan sebagai acuan untuk menganalisa perpindahan panas baik secara teori maupun secara simulasi. Data yang ditampilkan yaitu pada sumbu X (x/y), sumbu Z (z/x), dan sumbu Y (y/z).

3.4 **Flowchart Penelitian**

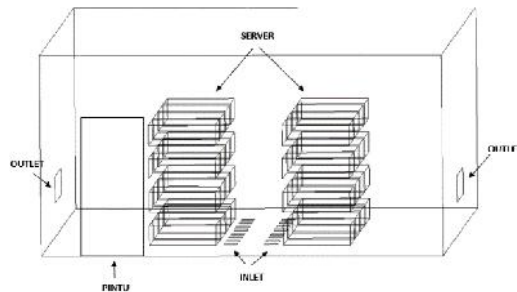
Dalam proses pengerjaan tugas akhir ini, dari pengambilan data hingga tampilan akhir dapat dilihat pada *Flowchart* Tahapan Penelitian.



“Halaman ini sengaja di kosongkan”

BAB IV ANALISA DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini akan dibahas mengenai hasil simulasi numerik tentang pengaruh kecepatan *inlet* dan pengaruh posisi *outlet* terhadap karakteristik aliran dan perpindahan panas secara konveksi dengan menggunakan *flow inlet flow* pada ruang server. Pemodelan geometri ruangan, server, lokasi *outlet* dan lokasi *inlet* selanjutnya akan disimulasikan menggunakan CFD, hasil dari proses simulasi akan menampilkan aliran fluida, temperatur udara, dan perpindahan panas pada ruang server. Pada penelitian kali ini akan di fokuskan perpindahan panas pada rak server, simulasi distribusi kecepatan udara dan distribusi temperatur udara pada ruang server dengan menggunakan FLUENT 6.3.2 dengan model 3 dimensi (3ddp). Setelah proses iterasi dilakukan, maka diperoleh data hasil *post processing* dari pemodelan yang meliputi pola aliran (*Pathline*), vektor kecepatan, kontur kecepatan udara, dan kontur distribusi temperatur udara. Gambar 4.1 menunjukkan pemodelan domain yang di simulasikan.

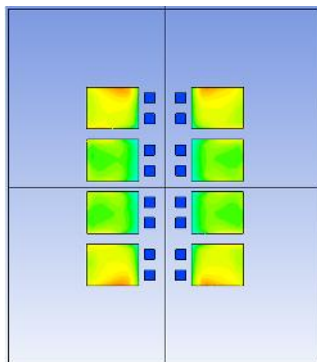


Gambar 4. 1 Hasil domain tiga dimensi ruang server

Pada domain tiga dimensi ruang sever terdapat 4 variasi ketinggian ruangan yang akan disimulasikan yaitu $y = 0.5$ m, $y = 1$ m, $y = 1.8$ m, dan $y = 3$ m, untuk posisi $y = 3$ m posisi *outlet* ditempatkan pada plafon dari ruangan. Selanjutnya udara dingin

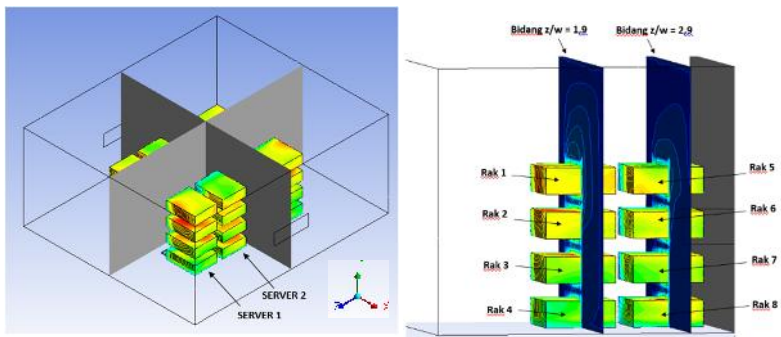
akan masuk ke dalam ruang server dengan temperatur 15°C dengan variasi kecepatan udara 2m/s , 2.5m/s dan 3 m/s udara dingin akan masuk melalui lubang perforasi dari lantai ruangan dengan luasan $0.2\text{ m} \times 0.2\text{ m}$ dan jumlah *inlet* 16.

Hasil dari proses simulasi dapat dilihat pola aliran udara yang terbentuk. Udara dingin dengan *density* tinggi akan naik dari *floor inlet* menuju ke atas kemudian sebagian dari udara dingin akan berbelok melewati celah dari rak server dan sebagian besar udara yang menabrak plafon dari ruangan akan menyebar ke seluruh ruangan hal ini disebabkan karena posisi *outlet* yang berada pada sisi kiri dan sisi kanan dari ruanga, fenomena ini dikarenakan sifat dari aliran yang berpindah dari tekanan tinggi ke tekanan rendah dan udara mengalir menuju tekanan rendah yang di timbulkan oleh posisi *outlet*. Melalui variasi posisi ketinggian *outlet* dan kecepatan udara akan dilihat perbedaan distribusi kecepatan dan distribusi temperatur pada rak server, dikarenakan letak posisi *outlet* yang berbeda maka letak tekanan rendah yang di timbulkan oleh *outlet* juga berbeda maka kecendrungan aliran melewati rak server juga akan berbeda hal ini berkaitan dengan perpindahan panas pada rak server yang terjadi dikarenakan *Nusselt Number* dan koefisien *heat transfer* secara konveksi sangat dipengaruhi oleh aliran yang melewati permukaan.



Gambar 4. 2 Tampak atas ruang server

Dari gambar 4.2 menunjukkan tampak atas dari ruang server, garis pada gambar 4.2 menunjukkan bahwa posisi server 1 dan 2 simetris terhadap server yang lain maka pembahasan akan lakukan pada posisi server 1 dan 2 saja. Penelitian tugas akhir kali ini akan disimulasikan secara *steady state*, nilai *heat flux* yang dianalisa adalah dari tiap rak server yang didapat dari *ASHRAE Fundamentals Handbook*, yaitu sebesar 250 W/m^2 . Analisa pembahasan pada penelitian kali ini dengan melakukan pemotongan *iso surface* pada bidang z, pada server 1 yaitu $z/w = -1,9$ dan pada server 2 yaitu $z/w = -2,9$ untuk masing masing variasi ketinggian *outlet* dan variasi kecepatan udara. Seperti terlihat pada Gambar 4.3.

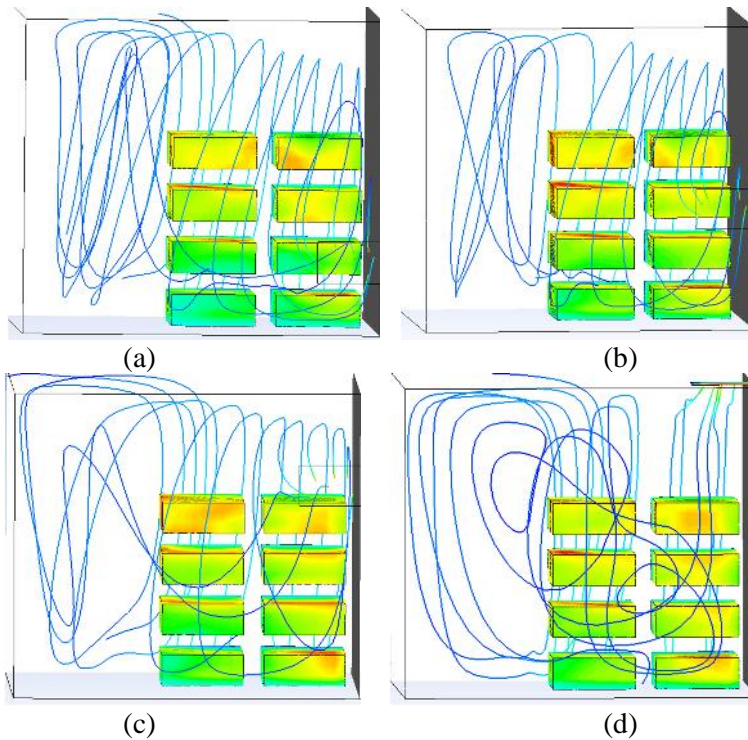


Gambar 4. 3 Isometrik ruang server dan potongan iso-surface

Untuk mengetahui besar perpindahan panas pada rak server maka diambil data dari hasil simulasi, data mentah yang di peroleh selanjutnya akan diolah menjadi grafik. Grafik yang akan di bahas pada analisa kuantitatif adalah grafik *nusselt number*, *coefficient heat transfer* dan temperatur yang akan di tinjau dari sisi rak server yang terpanas.

4.1 Analisa Visualisasi Dengan Variasi Posisi Ketinggian Outlet

Pada pembahasan kali ini akan membahas tentang perbandingan variasi ketinggian *outlet* terhadap distribusi kecepatan dan temperatur pada server 1 dengan kecepatan *inlet* sebesar 2 m/s dan temperatur 15°C.

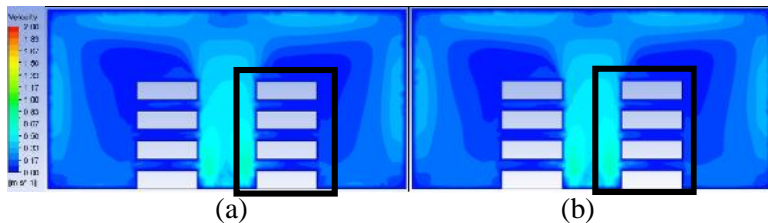


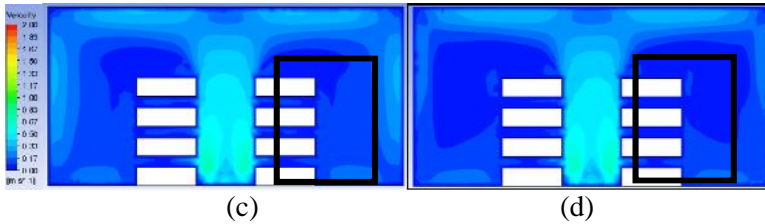
Gambar 4. 4 Pathline Aliran udara pada server 1 ; $v = 2 \text{ m/s}$

Posisi ketinggian outlet : (a) 0,5 m ; (b) 1 m ; (c) 1,8 m ; (d) 3 m

Dapat terlihat pada *pathline* vektor kecepatan udara pada Gambar 4.4. aliran udara dingin dengan kecepatan 2 m/s dari *raised floor* masuk melalui *inlet diffuser* bergerak vertikal menuju ke atas melawan gaya gravitasi lalu aliran akan bergerak menyebar ke seluruh ruangan untuk mendinginkan server pada ruang server. Perbedaan ketinggian *outlet* menyebabkan perbedaan penyebaran aliran pada ruang server, terlihat pada ketinggian *outlet* 0.5 m udara yang masuk dari samping server 1 sebagian besar akan bergerak vertikal ke atas kemudian setelah menabrak plafon dari ruangan udara cenderung akan bersirkulasi terlebih dahulu pada sisi depan dari ruangan sumbu z, kemudian udara *inlet* yang masuk dari sisi samping server 2 akan bergerak ke atas lalu menabrak plafon setelah itu udara akan bergerak menuju ke bawah lalu kemudian keluar dari sisi *outlet*. Pada ketinggian *outlet* 1 m laju aliran udara tidak berbeda jauh dengan penyebaran udara pada ketinggian *outlet* 0.5 m. Pada ketinggian 0.8 m aliran udara dingin pada sisi server 1 cenderung lebih sedikit menyebabkan pada sisi depan dari rak server cukup panas, sedangkan aliran udara *inlet* yang keluar dari sisi server 2 bergerak vertikal ke atas kemudian aliran udara berbelok menuju *outlet* pada sisi kanan dari ruangan. Pada ketinggian *outlet* 3 m terlihat perbedaan penyebaran yang cukup signifikan pada aliran udara *inlet* yang masuk melalui sisi rak server 2, aliran udara bergerak vertikal ke atas kemudian aliran udara langsung keluar dari *outlet* pada plafon dari ruangan yang menyebabkan pada sisi belakang dari rak server cukup panas karena hanya sedikit aliran udara yang melewatinya.

4.1.1 Pola Aliran Kecepatan dan Temperatur Pada Server 1

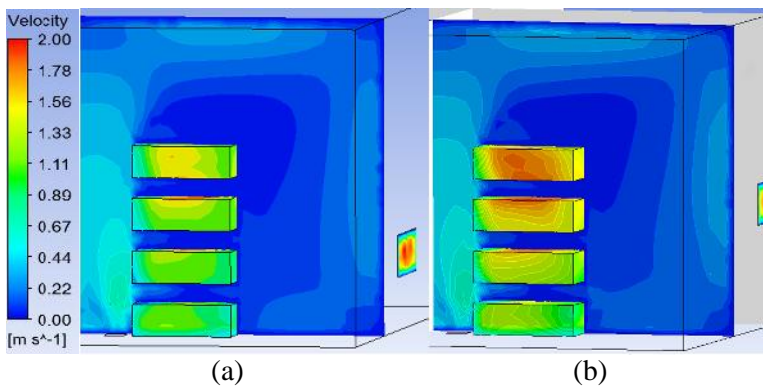


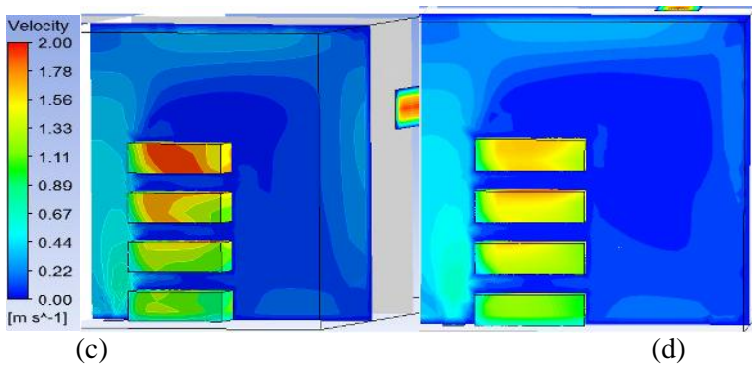


Gambar 4. 5 Kontur kecepatan udara pada server 1 ; $v = 2 \text{ m/s}$

Posisi ketinggian outlet : (a) 0,5 m ; (b) 1 m ; (c) 1,8 m ; (d) 3 m

Gambar 4.5 menunjukkan kontur kecepatan udara pada server 1 pada bidang $z/w = 1.9$ dengan variasi ketinggian dari *outlet* dengan kecepatan *inlet* sebesar 2 m/s, dari gambar di atas terlihat udara dingin masuk melalui *floor inlet* kemudian menyebar secara vertikal ke atas lalu menyebar ke seluruh ruangan dan sebagian udara dingin akan masuk melalui celah dari rak server, dapat terlihat udara dingin menyebar ke sisi kiri dan kanan dari ruangan dikarenakan perbedaan tekanan yang ditimbulkan oleh *outlet*. Untuk meneliti lebih dalam tentang fenomena aliran udara pada server maka di lakukan *zoom in* pada server 1 sebelah kanan seperti terlihat pada Gambar 4.6

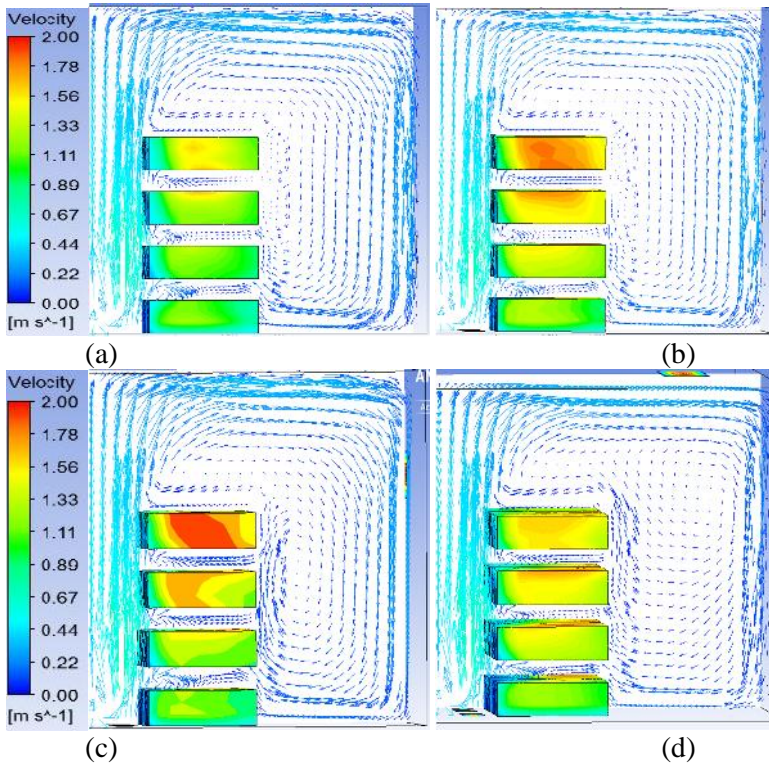




Gambar 4. 6 Kontur distribusi kecepatan udara pada server 1 ; $v = 2 \text{ m/s}$

Posisi ketinggian *outlet* : (a) 0,5 m ; (b) 1 m ; (c) 1,8 m ; (d) 3 m

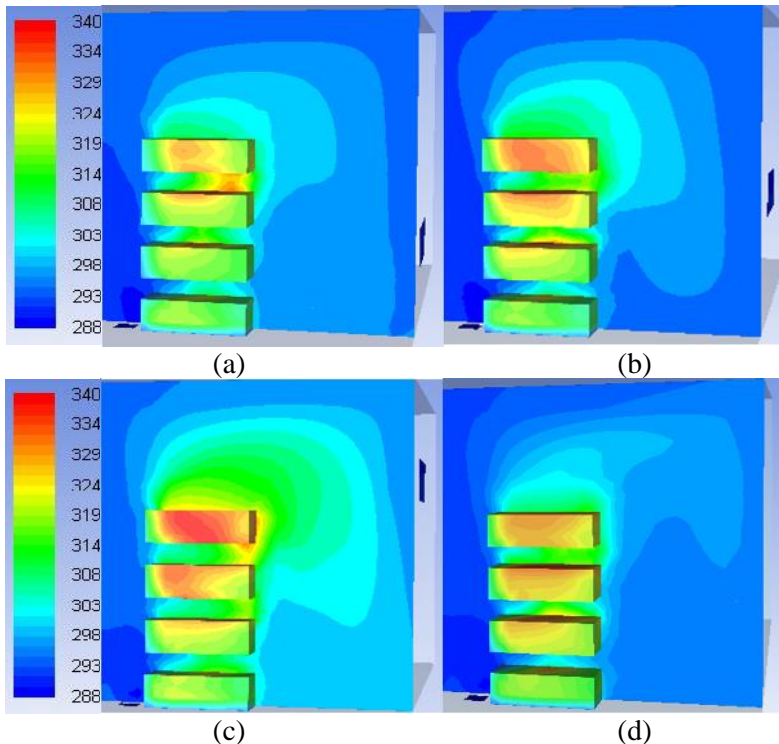
Dari hasil visualisasi kontur kecepatan pada server 1 terdapat beberapa perbedaan yang di akibatkan pengaruh dari posisi *outlet* namun jika dilihat pada aliran yang melewati celah rak dari server perbedaannya tidak berbeda jauh. Dilihat pada kontur kecepatan, warna biru muda yang melewati rak server 3 dan 4 terlihat lebih panjang di bandingkan celah rak server yang lainnya , hal ini menunjukkan bahwa kecepatan aliran fluida lebih besar yang melewati celah antara rak server 3 dan rak server 4 dari hasil pengolahan data di dapatkan kecepatan aliran berkisar antara 0.41-0.12 m/s. Sebaliknya pada aliran paling rendah terdapat pada sisi atas dari rak server 1 terlihat dari kontur kecepatan yang berwarna biru tua yang menunjukkan nilai kecepatan yang kecil, di dapatkan kecepatan udara yang melewati sisi atas dari rak server 1 berkisar antara 0.03 – 0.23 m/s.



Gambar 4. 7 Vektor kecepatan udara pada server 1 ; $v = 2 \text{ m/s}$
Posisi ketinggian outlet : (a) 0,5 m ; (b) 1 m ; (c) 1,8 m ; (d) 3 m

Gambar 4.7 menunjukkan vektor kecepatan udara. Pada server 1 pada posisi outlet 0.5 m dan 1 m dapat terlihat vektor aliran yang tidak berbeda jauh, sebagian kecil aliran masuk melewati celah dari rak server dan sebagian besar aliran masuk melalui *floor inlet* lalu aliran bergerak vertikal menuju ke atas lalu aliran menyebar ke seluruh ruangan, kemudian sebagian besar aliran menabrak sisi kanan dari rak server 4. Pada server dengan ketinggian outlet 1.8 m pola dari aliran tidak berbeda jauh dengan aliran pada posisi outlet 0.5 m dan 1 m akan tetapi terjadi sirkulasi udara pada sisi kanan dari rak server, begitu pula pada ketinggian

3 m terjadi sirkulasi aliran pada samping kanan pada ruang server.

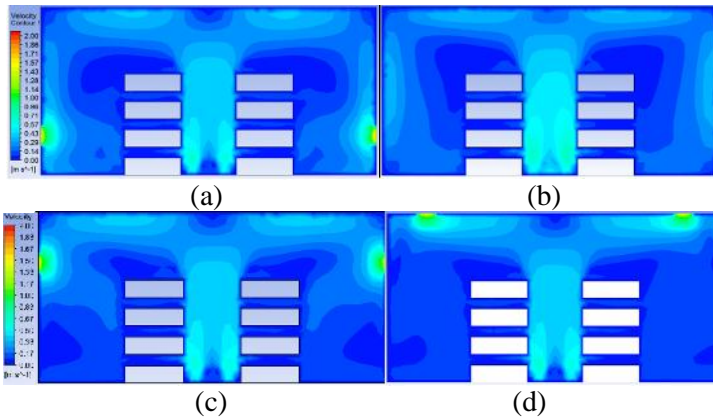


Gambar 4. 8 Kontur temperatur di sekitar rak server 1 ; $v = 2 \text{ m/}$
Posisi ketinggian outlet : (a) 0,5 m ; (b) 1 m ; (c) 1,8 m ; (d) 3 m

Pada Gambar 4.8 dapat dilihat kontur distribusi temperatur pada rak server 1. Distribusi temperatur cenderung lebih panas pada sekeliling rak server 1 hal ini dikarenakan terjadinya sirkulasi aliran di sekitar rak server, distribusi temperatur paling panas pada rak server 1 terjadi pada posisi *outlet* 1.8 m dengan temperatur di sekitar rak server 1 berkisar antara $44.82^{\circ}\text{C} - 50.25^{\circ}\text{C}$ hal ini dikarenakan terjadinya sirkulasi aliran pada sisi kanan dari server dan juga udara panas keluaran dari celah antara rak server 1 dan rak server 2 ikut bersirkulasi pada bagian samping dari server.

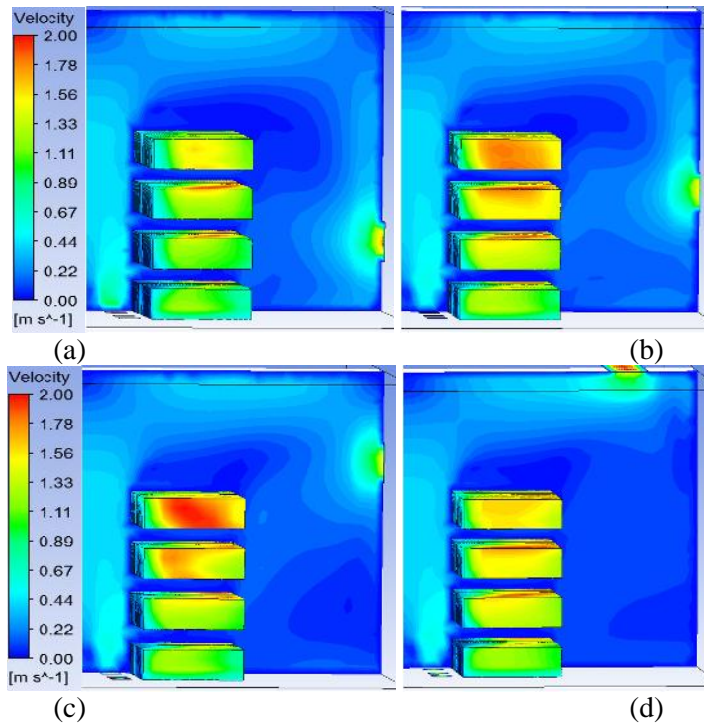
Distribusi temperatur yang cukup merata pada rak server 1 berada pada posisi *outlet* 0.5 m dan 1 m berkisar antara 37.41 °C – 48.67 °C dan 40.86 °C – 47.48 °C, hal ini dikarenakan pada posisi *outlet* rak server 1 tidak terjadi sirkulasi pada sisi kanan dari rak server dan aliran udara disekitar rak server 1 cukup merata.

4.1.2 Pola Aliran Kecepatan dan Temperatur Pada Server 2



Gambar 4. 9 Kontur kecepatan udara pada server 2 ; $v = 2 \text{ m/s}$
Posisi ketinggian outlet : (a) 0,5 m ; (b) 1 m ; (c) 1,8 m ; (d) 3 m

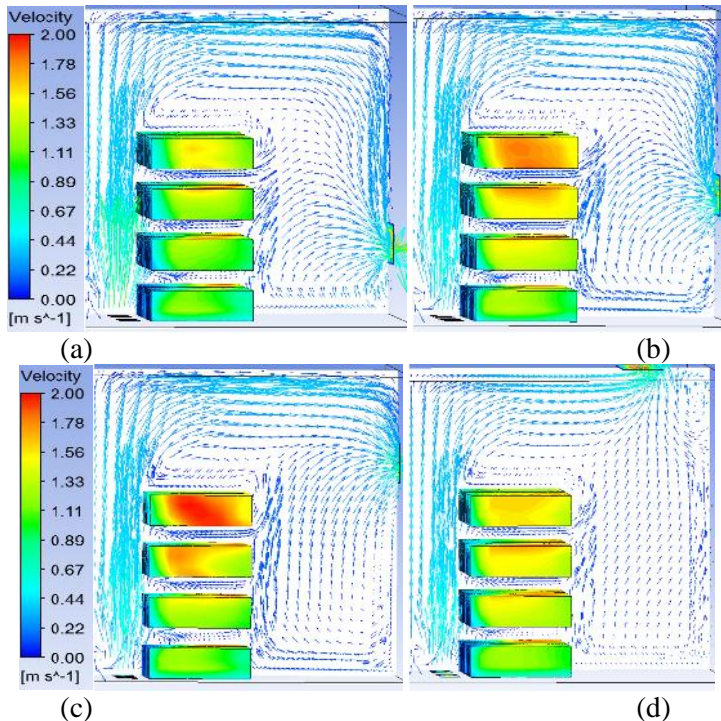
Pada Gambar 4.9 menunjukkan kontur kecepatan pada server 2 pada bidang $z/w = 2.9$ dengan variasi ketinggian outlet dengan kecepatan inlet 2 m/s, dapat terlihat terjadi perbedaan penyebaran udara pada ruangan. Untuk meneliti lebih lanjut maka dilakukan *zoom in* pada server 2 sisi kanan seperti pada gambar 4.10



Gambar 4. 10 Kontur distribusi kecepatan udara pada server 2 ; $v = 2 \text{ m/s}$ Posisi ketinggian outlet : (a) 0,5 m ; (b) 1 m ; (c) 1,8 m ; (d) 3 m

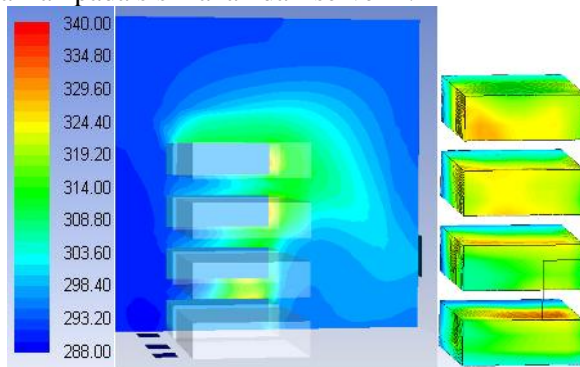
Dari hasil *zoom in* kecepatan pada server 2 secara keseluruhan penyebaran aliran udara pada ruangan sudah cukup baik, namun terdapat beberapa perbedaan pada aliran yang melewati celah dari rak server. Pada ketinggian outlet server 3 m warna biru tua lebih mendominasi pada sisi kanan server, ini menunjukkan sedikitnya aliran udara pada sisi sebelah kanan dari server 2 hal ini disebabkan karena posisi outlet yang berada pada sisi atas dari ruangan server menyebabkan aliran langsung menuju outlet dikarenakan tekanan outlet yang rendah dan hanya sedikit aliran yang melewati celah dari rak server berkisan antara 0.02 m/s

- 0.23 m/s. sedangkan pada ketinggian *outlet* 1 m distribusi penyebaran kecepatan cukup merata dapat dilihat dari kontur kecepatan warna biru muda lebih mendominasi pada sisi kanan dari server yang menandakan aliran lebih besar pada sisi kanan dari server 2, hal ini disebabkan karena posisi *outlet* di sisi kanan dari ruangan yang menyebabkan aliran udara dari *floor inlet* selain bergerak vertikal ke atas sebagian melewati celah dari rak server yang menyebabkan distribusi aliran pada server 2 cukup merata, aliran udara yang melewati celah dari rak server 1 berkisar antara 0.11 – 0.25 m/s.

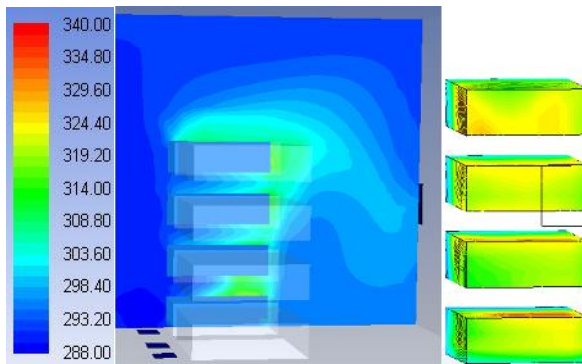


Gambar 4. 11 Vektor kecepatan udara pada server 1 ; $v = 2 \text{ m/s}$
Posisi ketinggian outlet : (a) 0,5 m ; (b) 1 m ; (c) 1,8 m ; (d) 3 m

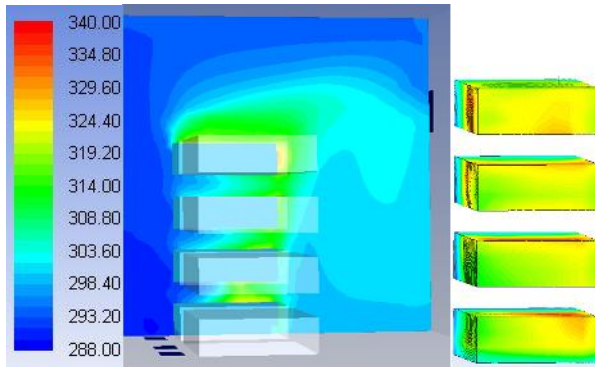
Gambar 4.11 menunjukkan vektor kecepatan pada server 2 dapat terlihat perbedaan pada masing masing variasi *outlet*. Pada ketinggian *outlet* 3 m dapat terlihat hanya sedikit aliran yang terdapat pada sisi kanan dari server 2 aliran cenderung bergerak vertikal dari bawah ke atas lalu menuju *outlet* pada sisi kanan atas dari ruangan. Sedangkan pada ketinggian *outlet* 1 m aliran pada sisi kanan dari server cukup banyak banya kal ini disebabkan karena posisi *outlet* yang berada pada sisi kanan dari ruangan sehingga cukup banyak aliran pada sisi kanan dari server 2.



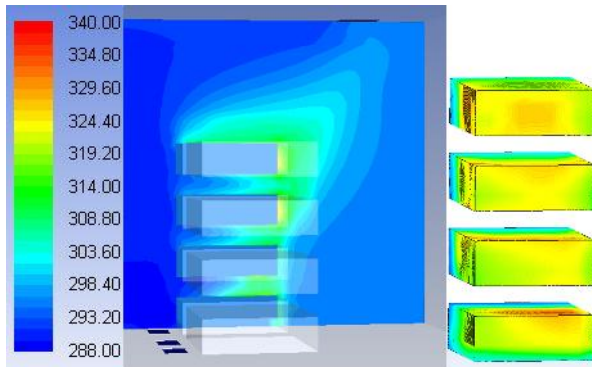
(a)



(b)



(c)



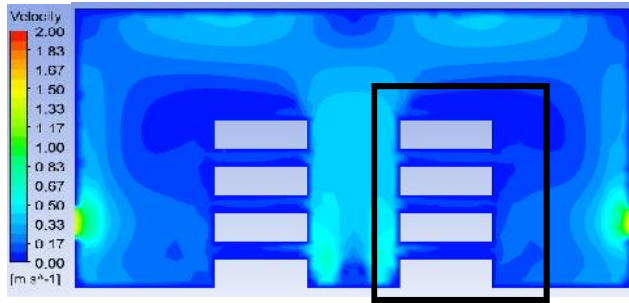
(d)

Gambar 4. 12 Kontur temperatur rak server 2 ; $v = 2 \text{ m/s}$
 Posisi ketinggian outlet: (a) 0,5 m ; (b) 1 m ; (c) 1,8 m ; (d) 3 m

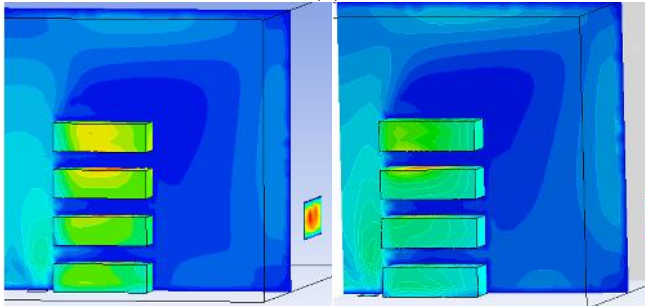
Gambar 4.12 menunjukkan kontur distribusi temperatur pada server 2 dengan kecepatan 2 m/s dengan variasi ketinggian *outlet*, distribusi temperatur paling panas terletak pada sekeliling rak server 1. Dapat terlihat distribusi temperatur paling tinggi pada ketinggian *outlet* 1.8 m dengan temperatur di sekitar rak server 1 berkisar antara 30.52 °C – 42.08 °C. Sedangkan distribusi temperatur paling rendah berada pada posisi *outlet* 1 m temperatur di sekitar rak server 1 berkisar antara 28.73 °C – 39.59 °C.

4.2 Analisa Visualisasi Dengan Variasi Kecepatan

4.2.1 Pola Aliran Kecepatan dan Temperatur Pada Server 1

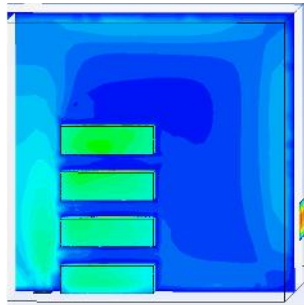


(a)



(b)

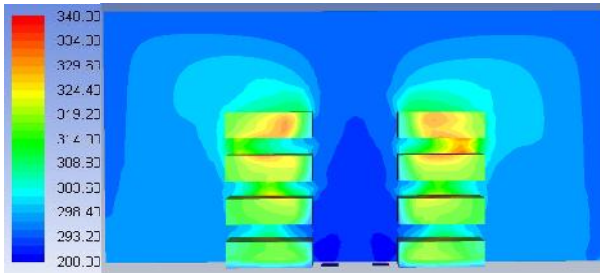
(c)



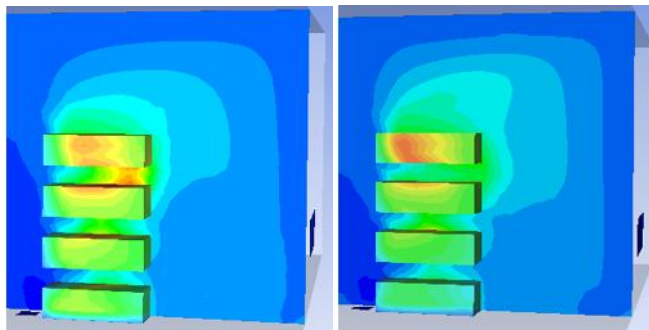
(d)

Gambar 4. 13 Kontur distribusi kecepatan udara pada server 1
 (a) ketinggian outlet 0,5 m (b) $v = 2\text{m/s}$ (b) $v = 2.5\text{m/s}$ (c) $v = 3\text{m/s}$

Untuk distribusi kecepatan pada ketinggian *outlet* 0.5 m dengan variasi kecepatan 2 m/s, 2.5 m/s dan 3 m/s. Dapat dilihat pada kecepatan 2 m/s distribusi kecepatan pada rak server 1 dan rak server 2 tidak merata sehingga menyebabkan temperatur pada rak server 1 cukup panas kecepatan pada rak server 1 berkisar antara 0.027 m/s – 0.23 m/s, pada kecepatan 2.5 m/s hanya distribusi kecepatan pada rak server 1 yang tidak merata sehingga dan hanya sedikit aliran yang melewati celah antara rak server 1 dan rak server 2 sehingga temperatur paling panas terdapat pada celah antara rak server 1 dan rak server 2 kecepatan di sekitar rak server 1 berkisar antara 0.042 m/s – 0.31 m/s, pada kecepatan 3 m/s distribusi kecepatan yang tidak merata hanya sedikit di atas rak server 1 sehingga distribusi temperatur pada rak server cukup merata, kecepatan rak server 1 berkisar antara 0.36 m/s – 0.051 m/s.

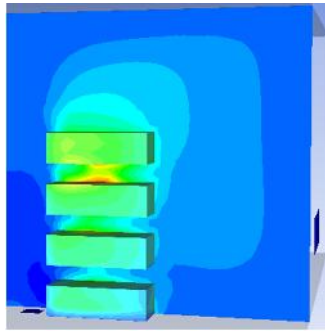


(a)



(b)

(c)

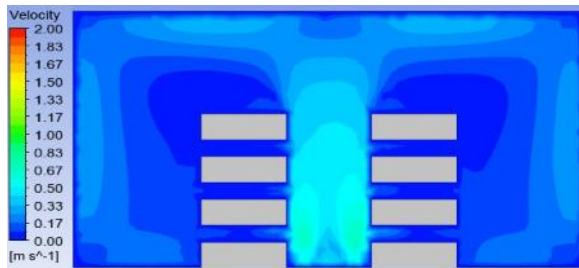


(d)

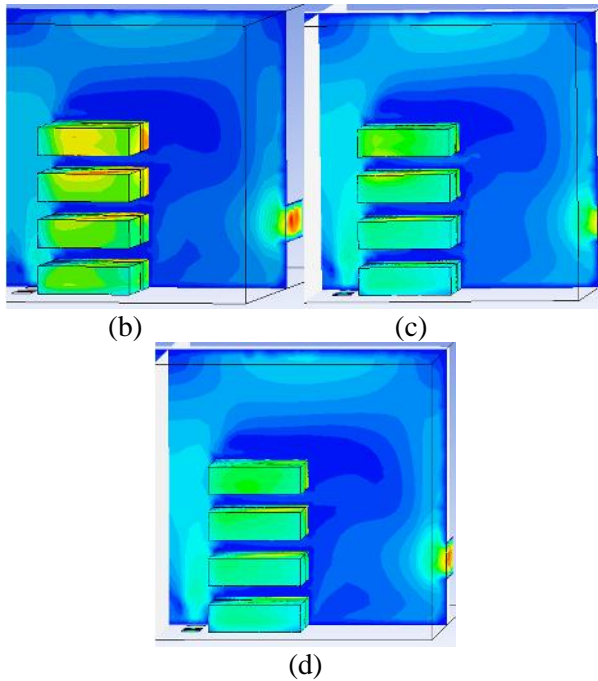
Gambar 4. 14 Kontur distribusi temperatur udara pada server ;
 (a) ketinggian outlet 0,5 m (b) $v = 2 \text{ m/s}$ (c) $v = 2.5 \text{ m/s}$ (d) $v = 3 \text{ m/s}$

Pada Gambar 4.15 merupakan kontur temperatur pada server 1 dengan variasi kecepatan *inlet* dan ketinggian *outlet* 0.5 m. Dari tampilan kontur di atas dapat terlihat variasi kecepatan *inlet* menyebabkan perbedaan penyebaran udara dingin pada ruang server, pada kecepatan 2 m/s terlihat pada rak server 1 terdapat kontur temperatur berwarna kuning ini menandakan bahwa udara di sekitat rak server 1 masih panas berkisar antara $37.41^\circ\text{C} - 48.67^\circ\text{C}$. Sedangkan distribusi temperatur cukup rendah terdapat pada kecepatan 3 m/s berkisar antara $34.97^\circ\text{C} - 40.70^\circ\text{C}$.

4.2.3 Pola Aliran Kecepatan dan Temperatur Pada Server 2

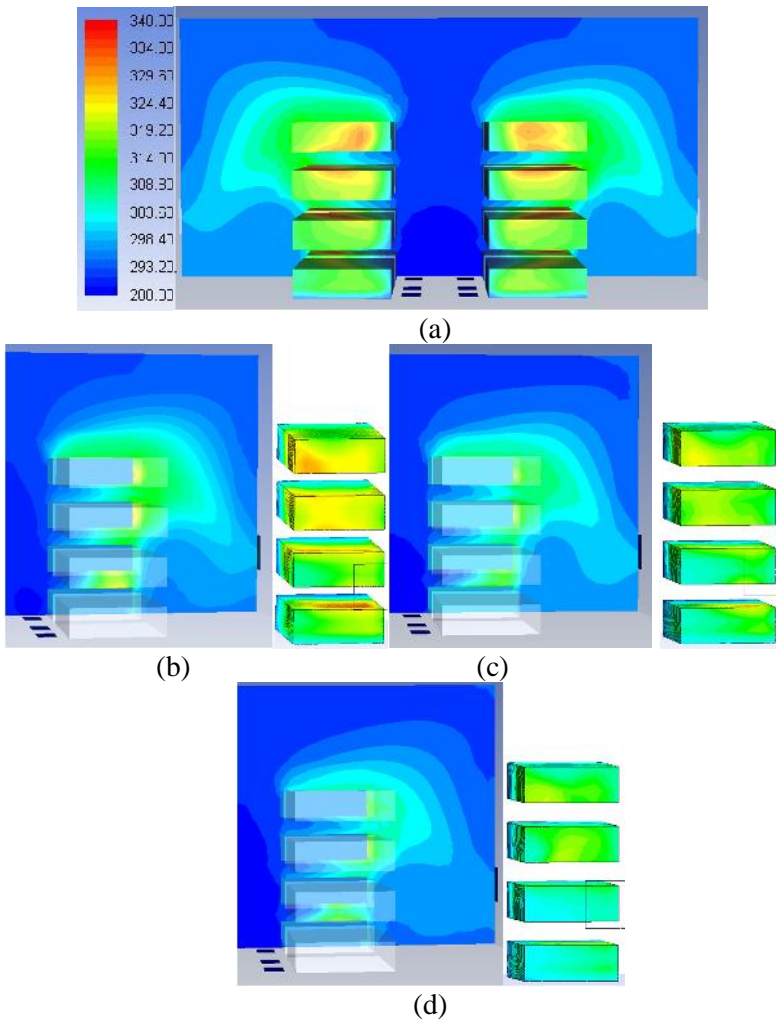


(a)



Gambar 4. 15 Kontur distribusi kecepatan udara pada server 2;
 (a) ketinggian outlet 0,5 m (b) $v = 2 \text{ m/s}$ (c) $v = 2.5 \text{ m/s}$ (d) $v = 3 \text{ m/s}$

Gambar 4.16 menunjukkan variasi kecepatan pada posisi outlet 0.5 m. Distribusi kecepatan dengan variasi kecepatan pada server 2 tidak berbeda jauh dengan distribusi kecepatan pada server aliran paling merata pada kecepatan 3 m/s, aliran pada rak server 1 berkisar antara 0.042 m/s – 0.38 m/s . Sedangkan aliran paling tidak merata berada pada kecepatan 2 m/s temperatur di sekitar rak server 1 berkisar antara 0.021 m/s – 0.24 m/s.

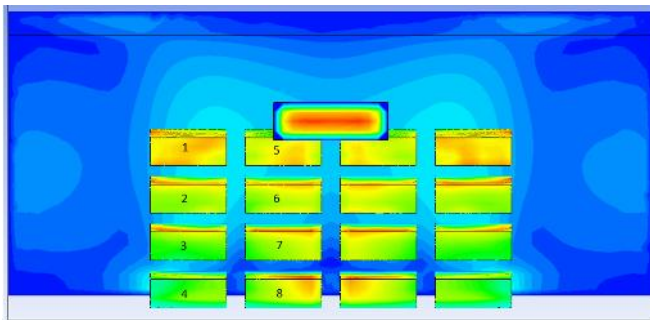


Gambar 4. 16 Kontur distribusi temperatur udara pada server 2; ketinggian outlet 0,5 m (b) $v = 2 \text{ m/s}$ (b) $v = 2.5 \text{ m/s}$ (c) $v = 3 \text{ m/s}$

Gambar 4.16 menunjukkan kontur temperatur pada server 2, terlihat pada server 2 distribusi temperatur cukup merata pada server 2 dan sama halnya dengan distribusi pada server 1 dimana

distribusi temperatur paling baik terdapat pada kecepatan 3 m/s dan distribusi paling tidak merata berada pada kecepatan 2 m/s. Distribusi temperatur pada kecepatan 2 m/s terlihat terdapat warna kuning dan hijau yang menandakan tingginya temperatur di sekitar rak server berkisar antara $31.23\text{ }^{\circ}\text{C}$ – $39.20\text{ }^{\circ}\text{C}$. Pada kecepatan 3 m/s distribusi temperatur cukup rendah di bandingkan dengan kecepatan lainnya dapat terlihat warna biru muda disekitar rak server 1 yang menandakan rendahnya temperatur pada rak server 1 dan hanya sedikit warna hijau yang terdapat di belakang rak server 1 temperatur berkisar antara $25.13\text{ }^{\circ}\text{C}$ – $30.50\text{ }^{\circ}\text{C}$.

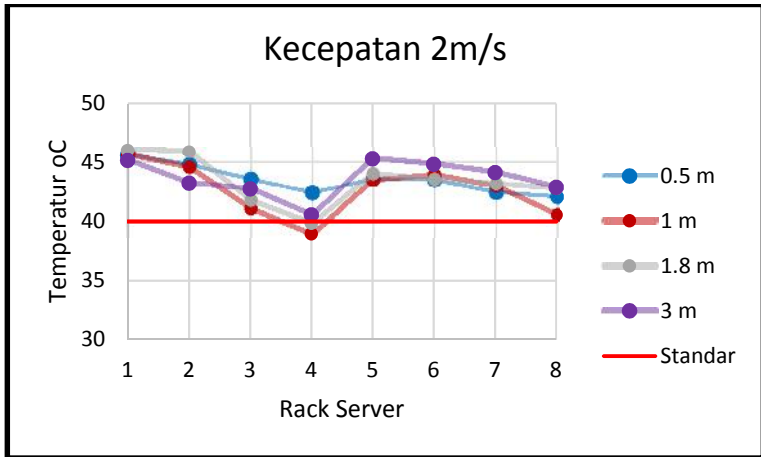
4.3 Analisa Grafik Temperatur Belakang Rak Server Dengan Variasi Posisi Ketinggian *Outlet*



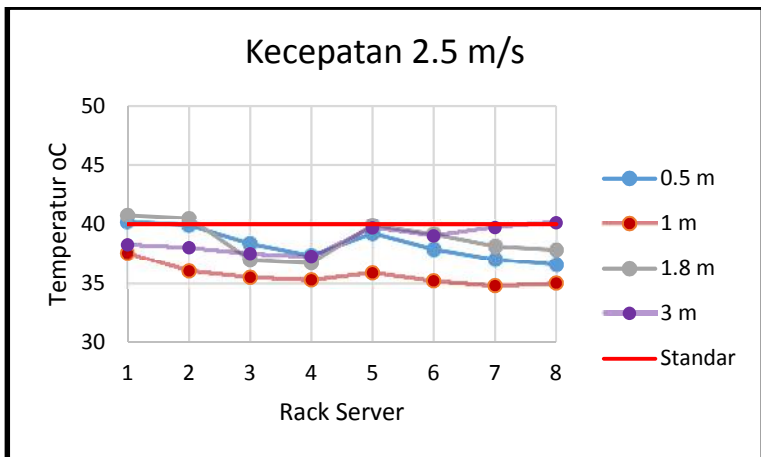
Gambar 4. 17 Rak Server Tampak Belakang (sumbu + x)

Pada sub bab ini yang akan di analisa adalah temperatur *surface* pada sisi belakang dari rak server 1 – 8 pada sumbu x dimana diletakkannya sensor temperatur pada rak server. Mengacu pada standar *ASHRAE* temperatur maksimal pada *surface* rak server adalah $45\text{ }^{\circ}\text{C}$, tetapi dalam ruang server biasanya batas temperatur rak server disetting pada temperatur $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ jika temperatur *surface* rak server mencapai $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ maka server otomatis akan *shut down* dikarenakan jika server terus menerus di nyalakan maka server akan mengalami *overheat* dan komponen dalam server akan rusak. Dalam pembahasan kali ini akan

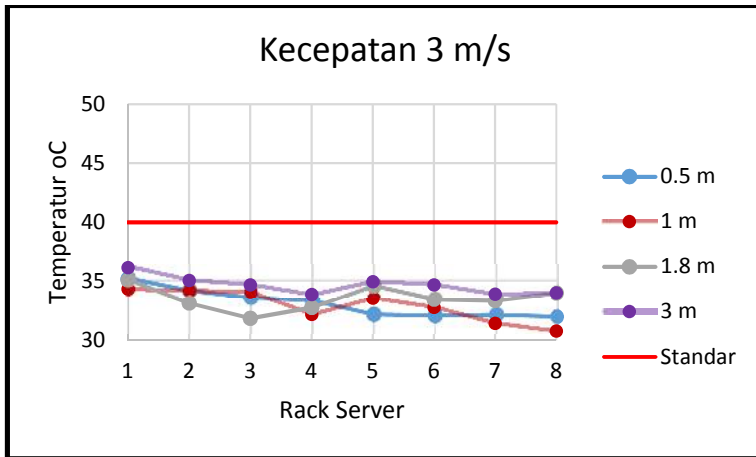
membahas tentang grafik pengaruh perubahan kecepatan *inlet* terhadap variasi ketinggian *outlet* dalam ruang server.



(a)



(b)



(c)

Gambar 4. 18 Grafik temperatur *surface* pada sisi belakang dari rak server

; posisi ketinggian *outlet* 0,5 m ;(a) $v = 2$ m/s ;(b) $v = 2.5$ m/s ;(c) $v = 3$ m/s

Dari grafik pada gambar 4.17 (a) terlihat pada kecepatan 2 m/s bahwa temperatur sisi belakang dari rak server cukup besar dan melebihi batas standar temperatur *surface* dari ASHRAE 40 °C ini menandakan bahwa pada kecepatan 2 m/s semua rak server tidak aman dan pada kecepatan 2m/s kapasitas pendinginan belum mampu untuk mendinginkan semua rak server. Pada kecepatan 2.5 m/s yang menandakan bertambahnya kapasitas pendinginan pada ketinggian *outlet* 1.8 m rak server 1 tidak aman, sedangkan pada ketinggian 3 m rak server 8 yang tidak aman hal ini membuktikan bahwa variasi ketinggian *outlet* mempengaruhi penyebaran aliran udara pada server dimana pada ketinggian *outlet* 1.8m dan 3 m masi terdapat *temperatur surface* yang tidak memenuhi standar karena penyebaran udara dingin yang tidak merata. Dengan kecepatan 3 m/s semua rak server bagian belakang aman hal ini dikarenakan aliran udara yang bersirkulasi di dalam ruangan cukup

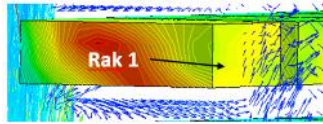
banyak sehingga mampu untuk mendinginkan semua rak server dengan berbagai macam variasi *outlet* dengan konsekuensi bertambahnya kapasitas pendinginan. Berikut Tabel 4.1 matrix perbandingan kecepatan dan ketinggian *outlet* terhadap rak server, dapat terlihat pada kecepatan *inlet* 2m/s belum cukup untuk mendinginkan server sehingga temperatur rak server berada pada kondisi tidak aman, pada kecepatan 2.5 m/s hanya pada ketinggian outlet 1 m temperatur rak server berada pada kondisi aman sedangkan pada kecepatan 3m/s semua temperatur rak server pada seluruh ketinggian *outlet* berada pada kondisi aman.

Tabel 4. 1 *Matrix perbandingan kecepatan dan ketinggian outlet terhadap rak server*

		Server 1				Server 2			
		Rak 1	Rak 2	Rak 3	Rak 4	Rak 5	Rak 6	Rak 7	Rak 8
2 m/s	0.5 m	Tidak Aman	Tidak Aman	Tidak Aman	Tidak Aman	Tidak Aman	Tidak Aman	Tidak Aman	Tidak Aman
	1 m	Tidak Aman	Tidak Aman	Tidak Aman	Tidak Aman	Tidak Aman	Tidak Aman	Tidak Aman	Tidak Aman
	1.8 m	Tidak Aman	Tidak Aman	Tidak Aman	Aman	Tidak Aman	Tidak Aman	Tidak Aman	Tidak Aman
	3 m	Tidak Aman	Tidak Aman	Tidak Aman	Aman	Tidak Aman	Tidak Aman	Tidak Aman	Tidak Aman
2.5 m/s	0.5 m	Tidak Aman	Tidak Aman	Aman	Aman	Tidak Aman	Aman	Aman	Aman
	1 m	Aman	Aman	Aman	Aman	Aman	Aman	Aman	Aman
	1.8 m	Tidak Aman	Tidak Aman	Aman	Aman	Tidak Aman	Tidak Aman	Aman	Aman
	3 m	Aman	Aman	Aman	Aman	Tidak Aman	Tidak Aman	Tidak Aman	Tidak Aman
3 m/s	0.5 m	Aman	Aman	Aman	Aman	Aman	Aman	Aman	Aman
	1 m	Aman	Aman	Aman	Aman	Aman	Aman	Aman	Aman
	1.8 m	Aman	Aman	Aman	Aman	Aman	Aman	Aman	Aman
	3 m	Aman	Aman	Aman	Aman	Tidak Aman	Tidak Aman	Tidak Aman	Tidak Aman

4.4. Karakteristik Perpindahan Panas

4.4.1 Contoh Perhitungan



Gambar 4. 19 Detail Rak Server 1

Properties data dari Tabel A.4 :

$$\begin{aligned}
 T &= 316,94 \text{ K} & T_f &= 317,98 \text{ K} \\
 T_s &= 319,01 \text{ K} & k &= 0.02763025 \text{ W/m.K} \\
 &= 0.0031449 & Pr &= 0.704483 \\
 V &= 0,05 \text{ m/s} & \nu &= 0.000017698 \text{ m}^2/\text{s} \\
 &= 0.000025161 \text{ m}^2/\text{s} & L &= 0.3 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Dari grafik analisa temperatur *surface* rak server sisi belakang dari variasi kecepatan 2m/s, 2.5m/s, dan 3m/s rata rata temperatur paling panas terdapat pada rak server 1 pada ketinggian *outlet* 1.8 m maka dari itu akan di lakukan analisa pada rak server 1 ketinggian 1.8 m dan di bandingkan dengan rak server 2 dan rak server 3 agar mengetahui kenapa rak server 1 memiliki temperatur paling panas. Persamaan yang digunakan untuk perhitungan kali ini adalah dengan menggunakan pendekatan *free convection* dikarenakan $Gr/R^2 \gg 1$ yang menandakan bahwa gaya *buoyancy* yang sangat dominan dalam perpindahan panas

1. Mencari *Grashof Number*

Rumus yang digunakan untuk mencari *Grashof Number* menggunakan pendekatan pada konveksi vertical plate

$$Gr = \frac{g (T_s - T_\infty) L^3}{\nu^2}$$

Dengan

g	= Gravitasi (m/s^2)
L	= Panjang Server (m)
ν	= Kinematic Viscosity (m^2/s)

$$\begin{aligned}
 T_s &= \text{Temperature Surface (K)} \\
 T &= \text{Temperature infinite (K)} \\
 &= 1/T_f \text{ (1/ K)}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Gr &= \frac{9.8 \frac{m}{s^2} 0.0 (3.0 - 3.9) K 0.3 m^3}{(1.6 \times 10^{-6} m^2/s)^2} \\
 Gr &= 54.99250 \times 10^5
 \end{aligned}$$

2. Mencari Nilai Rayleigh Number

Setelah mendapatkan nilai *Grashof Number* selanjutnya mencari nilai *Rayleigh Number* dengan persamaan

$$Ra = Gr Pr = \frac{g (T_s - T_\infty) L^3}{\nu}$$

Dengan

$$\begin{aligned}
 g &= \text{Grafitasi} \\
 L &= \text{Panjang Server (m)} \\
 \nu &= \text{Kinematic Viscosity (m}^2/\text{s)} \\
 T_s &= \text{Temperature Surface (K)} \\
 T &= \text{Temperature infinite (K)} \\
 &= 1/T_f \text{ (1/ K)} \\
 &= \text{Thermal Diffusivity (m}^2/\text{s)}
 \end{aligned}$$

$$Ra = \frac{9.8 \frac{m}{s^2} 0.0 (3.0 - 3.9) K 0.3 m^3}{(1.6 \times 10^{-6} \frac{m^2}{s} \times 2.1 \times 10^{-6} \frac{m^2}{s})}$$

$$Ra = 38.68270 \times 10^5$$

3. Mencari Nilai Nusselt Number

Setelah mendapatkan nilai *Reynold Number* selanjutnya mencari nilai *Nusselt Number*

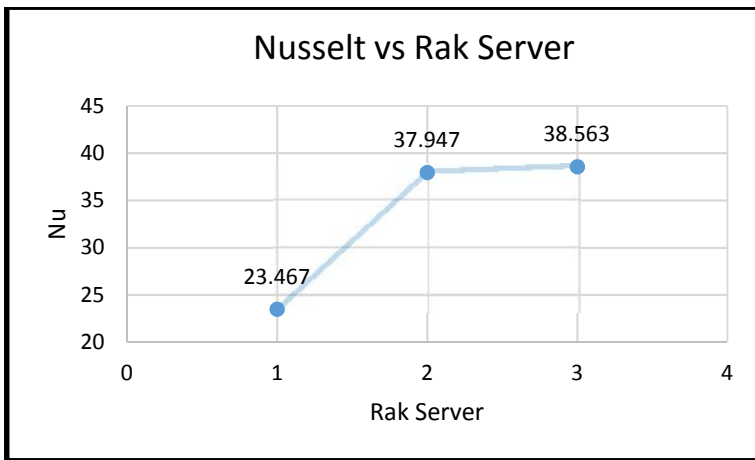
$$\begin{aligned}
 \overline{N}_L &= 0.69 + \frac{0.6 R_L^{1/4}}{[1 + (0.4/P)^{1/4}]^{1/4}} \\
 \overline{N}_L &= 23.467
 \end{aligned}$$

4. Mencari Nilai Koefisien Konveksi

Nilai koefisien konveksi dapat didapatkan setelah mendapatkan nilai *Nusselt Number*

$$\begin{aligned}\bar{h} &= \frac{\overline{N_L} \times k}{L} \\ \bar{h} &= \frac{2,4 \times 2,6 \times 1 \frac{W}{mK}}{0,3 m} \\ \bar{h} &= 2,161 \frac{W}{m^2 K}\end{aligned}$$

4.4.2 Analisa Garfik Perpindahan Panas

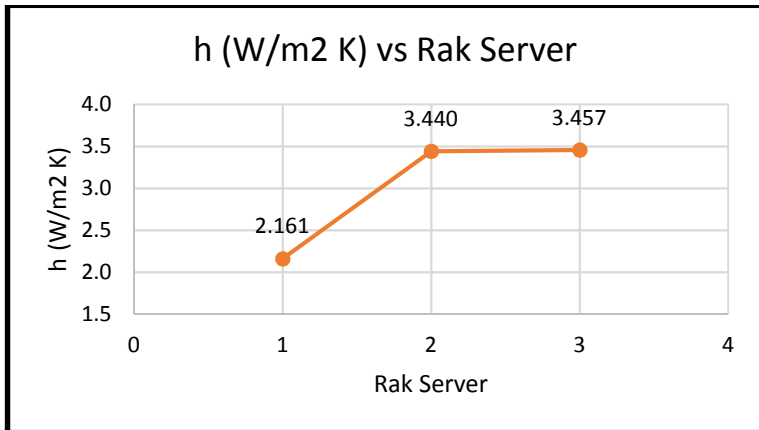


Gambar 4. 20 Perbandingan *Nusselt Number* pada posisi ketinggian outlet 1,8 m; $v = 2,5\text{m/s}$

Pada Gambar 4.20 menunjukkan perbandingan *nusselt number* terhadap rak server. Seperti yang telah diketahui bahwa pada *free convection* nilai *nusselt number* sangat berkaitan dengan nilai *rayleigh number*, jika nilai *rayleigh number* semakin tinggi yang menandakan efek *buoyancy* yang sangat tinggi yang

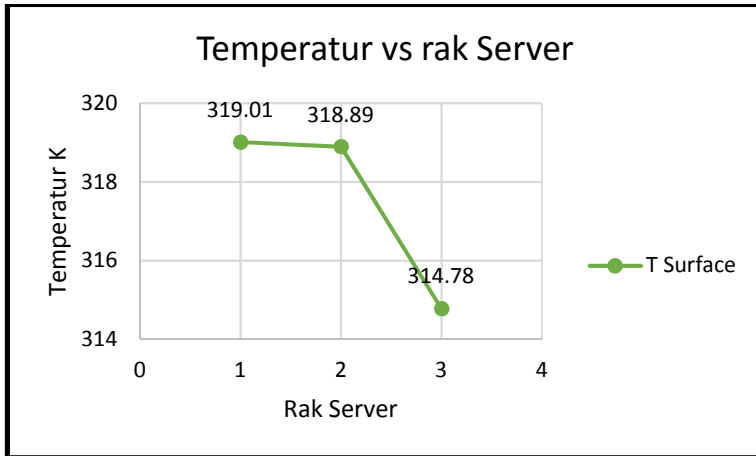
menandakan perbedaan antara *temperature surface* dan temperatur udara yang cukup tinggi.

Pada rak server 3 memiliki nilai *nusselt number* paling tinggi hal ini dikarenakan temperatur udara yang melewati rak server 3 masih cukup kecil karena posisi rak server 3 yang tidak jauh dari posisi *inlet*. Sebaliknya pada rak server 2 dan 3 berturut turut nilainya menjadi semakin besar hal ini disebabkan karena posisi rak server 2 dan rak server 3 yang semakin menjauh dari posisi *inlet* menyebabkan temperatur udara yang melewati rak server 2 dan 3 menjadi semakin besar.



Gambar 4. 21 Grafik perbandingan koefisien konveksi pada posisi ketinggian outlet 1,8 m; $v = 2,5\text{m/s}$

Pada gambar 4.21 menunjukkan grafik perbandingan koefisien konveksi terhadap rak server. Koefisien konveksi merupakan fungsi dari *nusselt number* maka dari itu sama seperti nilai *nusselt number* nilai koefisien konveksi paling besar berada pada rak server 3, kemudian nilai koefisien konveksi mengalami penurunan seiring dengan bertambahnya temperatur udara yang melewati rak server sehingga efek *buoyancy* yang terjadi menjadi semakin kecil.



Gambar 4. 22 Grafik perbandingan temperatur pada posisi ketinggian outlet 1,8 m; $V = 2,5 \text{ m/s}$

Pada gambar 4.22 menunjukkan perbandingan temperatur *surface* pada sisi rak server. Dapat dilihat pada grafik di atas pada rak server 1 memiliki temperatur *surface* paling panas ini dikarenakan pada rak *surface* 1 memiliki nilai koefisien konveksi paling rendah sebaliknya pada rak server 2 dan 3 berturut turut nilai temperatur *surface* lebih kecil ini dikarenakan nilai koefisien konveksi yang semakin membesar, hal ini membuktikan bahwa laju perpindahan panas sebanding dengan laju koefisien konveksi dimana semakin besar nilai koefisien konveksi maka semakin besar juga perpindahan panas yang terjadi.

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari hasil simulasi numerik yang dilakukan terhadap ruang server dengan *inlet diffuser* berjenis *floor inlet flow* dengan variasi kecepatan *inlet*, 2 m/s ; 2,5 m/s ; 3 m/s dan posisi ketinggian *outlet* 0,5m; 1m; 1,8m; 3m, didapatkan kesimpulan sebagai berikut :

1. Rak server 1 pada ketinggian *outlet* 0.5 m, 1m, 1.8m merupakan rak server dengan temperatur paling panas, sedangkan pada ketinggian *outlet* 3m kondisi temperatur paling panas terdapat pada rak server 8
2. Dari semua ketinggian *outlet* posisi *outlet* pada ketinggian 1.8m dan 3 m tidak direkomendasikan karena distrubusi aliran udara yang tidak merata pada ketinggian tersebut, sebaliknya posisi ketinggian *outlet* direkomendasikan pada ketinggian *outlet* 1 m karena pentabaran udaranya cukup baik.
3. Kecepatan 2 m/s tidak direkomendasikan untuk *supply inlet* pada ruang server karena pada kecepatan 2 m/s semua rak server berada pada kondisi *critical*. Pada kecepatan *supply inlet* 2.5 m/s posisi *outlet* pada ketinggian 1.8 m dan 3 m tidak di rekomendasikan karena penyebaran udara yang tidak merata mengakibatkan beberapa rak server berada pada kondisi *critical*. Untuk kecepatan *supply inlet* 3 m/s dapat digunakan sebagai kecepatan udara pada *supply inlet* akan tetapi pada kecepatan 3m/s akan memakan konsumsi beban yang berlebih.
4. Hasil dari analisa perhitungan perpindahan panas rak server 1 memiliki nilai koefisien konveksi yang paling kecil. Koefisien konveksi pada rak server 1 sebesar $2,161 \frac{W}{m^2 K}$, pada rak server 2 memiliki nilai koefisien konveksi $3,440 \frac{W}{m^2 K}$, sedangkan pada rak server 3 memiliki nilai koefisien konveksi $3,457 \frac{W}{m^2 K}$
5. Semakin besarnya aliran yang melintasi rak server maka nilai *Reynolds Number* akan semakin besar juga dan mengakibatkan nilai *Nusselt Number* dan koefisien konveksi semakin besar.

5.2 Saran

Adapun saran dari hasil simulasi *numeric* yang dilakukan pada ruang server dengan *inlet diffuser* berjenis *floor inlet flow* dengan variasi kecepatan *inlet*, 2 m/s ; 2,5 m/s ; 3 m/s dan posisi ketinggian *outlet* 0,5m; 1m; 1,8m; 3m adalah sebagai berikut

1. Perlunya pengembangan lebih lanjut pada proses simulasi yang di lakukan. Perkembangan dapat dilakukan sebagai perbandingan hasil dari penelitian ini seperti *outlet* di bagi menjadi 2 dan diletakan pada sisi samping dari server, beban pendinginan pada server serta simulasi dalam kondisi *unsteady*.
2. Sebaiknya hasil dari simulasi di bandingkan dengan keadaan pada ruang server yang sebenarnya

DAFTAR PUSTAKA

- [1] ASHRAE, ASHRAE Handbook: *Thermal Guidelines for Data Processing Environments Expanded Data Center*-. 2011.
- [2] Incropera, Frank P. and David P. Dewitt, 2002. *“Fundamental Heat and Mass Transfer sixth Edition”*, 2002. College of Engineering.
- [3] Stoecker, Wilbert F.,1994. *“Refrigerasi dan Pengkondisian Udara”*, edisi kedua, Erlangga.
- [4] Fox, R.W., Mc Donald, A.T. dan Pritchard, P.J. 2011. *Introduction to Fluid Mechanics*, 8th Edition. New York : John Wiley & Sons Inc.
- [5] Patricia Marunung, *“ Simulasi Numerik Distribusi Temperatur dan Kecepatan udara Ruang Produksi PT Pertamina (PERSERO) – Production Unit Gersik Lubricants”* Tugas Akhir, Teknik Mesin ITS.
- [6] Cho, Jinkyun and Kim, Byungseon Sean, 2011. *“Evaluation Of Air Management System’s Thermal Performance For Superior Cooling Efficiency In High-Density Data Centers”*. South Korea.
- [7] Demetriou, Dustin W., 2012. *“Thermally Aware, Energy-Based Techniques for Improving Data Center Energy Efficiency”*. Mechanical and Aerospace Engineering - Dissertations.
- [8] Rasmussen, Neil. 2003. *“Air Distribution Architecture Options for Mission Critical Facilities”*. White Paper #55.

Lampiran 1 : Data temperatur rak server belakang

) Data Kecepatan *Inlet* 2m/s

0.5 m	rak 1	rak 2	rak 3	rak 4	rak 5	rak 6	rak 7	rak 8
rak atas	40.67	55.21	50.14	40.12	38.26	37.21	39.99	50.15
rak bawah	56.17	40.16	32.39	28.46	36.10	36.92	37.02	28.87
rak kiri	45.62	43.18	41.53	39.61	43.22	40.26	39.57	38.57
rak kanan	43.21	24.93	40.12	37.43	38.56	40.99	41.01	39.29
rak depan	27.09	26.89	25.37	25.19	27.08	26.71	26.07	25.29
rak belakang	45.62	44.78	43.55	42.41	43.56	43.51	42.45	42.09

1 m	rak 1	rak 2	rak 3	rak 4	rak 5	rak 6	rak 7	rak 8
rak atas	44.41	53.19	51.75	48.25	39.15	41.07	43.56	50.37
rak bawah	52.18	46.72	36.83	28.50	36.91	32.73	37.63	28.38
rak kiri	46.32	43.44	40.41	38.66	42.81	41.69	37.22	37.89
rak kanan	41.15	39.08	37.22	37.21	41.26	40.91	39.13	38.30
rak depan	26.90	28.19	27.02	24.98	26.99	26.73	26.81	25.18
rak belakang	45.65	44.56	41.09	38.98	43.46	43.92	42.98	40.57

1.8 m	rak 1	rak 2	rak 3	rak 4	rak 5	rak 6	rak 7	rak 8
rak atas	45.25	44.88	40.62	39.30	38.23	41.09	42.75	45.17
rak bawah	57.44	40.15	38.98	28.68	34.97	32.20	32.99	28.77
rak kiri	62.19	50.00	43.19	42.31	48.43	42.90	40.63	38.69
rak kanan	40.55	41.23	38.21	38.16	43.21	43.45	42.18	37.09
rak depan	26.98	25.18	24.88	24.18	29.52	26.95	25.27	25.42
rak belakang	46.01	45.89	41.78	39.87	44.01	43.56	43.18	42.79

3 m	rak 1	rak 2	rak 3	rak 4	rak 5	rak 6	rak 7	rak 8
rak atas	43.06	56.15	45.11	37.30	38.21	35.06	37.22	42.64
rak bawah	40.71	43.02	34.41	29.29	45.32	43.11	33.51	30.78
rak kiri	42.31	43.33	41.35	37.55	40.21	40.57	39.77	37.64
rak kanan	40.43	40.23	39.86	39.42	42.53	41.00	41.76	38.11
rak depan	27.15	25.76	26.31	25.01	26.99	26.85	25.74	24.99
rak belakang	45.17	43.25	42.78	40.56	45.32	44.85	44.16	42.91

) Data Kecepatan *Inlet* 2.5 m/s

0.5 m	rak 1	rak 2	rak 3	rak 4	rak 5	rak 6	rak 7	rak 8
rak atas	33.23	42.32	32.54	30.10	31.08	30.35	36.40	35.35
rak bawah	37.56	38.29	36.88	36.09	35.49	36.23	31.10	31.70
rak kiri	31.30	34.34	36.66	35.45	32.53	36.73	35.55	35.24
rak kanan	36.87	36.98	35.65	35.33	35.21	35.34	34.25	33.23
rak depan	26.80	26.41	25.35	24.30	26.73	25.86	25.43	24.25
rak belakang	40.15	39.87	38.33	37.32	39.18	37.86	37.00	36.55

1 m	rak 1	rak 2	rak 3	rak 4	rak 5	rak 6	rak 7	rak 8
rak atas	35.43	40.24	39.45	35.16	35.45	36.21	36.10	35.57
rak bawah	37.02	32.63	26.79	27.83	31.85	29.36	27.51	27.93
rak kiri	37.32	36.22	36.34	35.23	37.45	36.32	35.56	35.67
rak kanan	36.87	36.65	36.23	34.23	35.66	35.23	35.12	35.09
rak depan	25.64	25.65	25.55	24.43	26.10	25.65	25.54	24.34
rak belakang	37.52	36.04	35.50	35.29	35.89	35.20	34.80	35.01

1.8 m	rak 1	rak 2	rak 3	rak 4	rak 5	rak 6	rak 7	rak 8
rak atas	39.31	38.43	38.42	37.69	36.30	35.23	37.43	39.35
rak bawah	38.24	37.76	35.12	35.24	36.13	35.64	35.31	32.12
rak kiri	42.43	38.53	37.15	37.09	38.44	37.64	37.42	36.32
rak kanan	38.43	37.12	37.01	36.54	36.54	36.31	36.12	35.21
rak depan	26.64	25.42	25.31	24.31	26.96	25.13	25.65	24.18
rak belakang	40.74	40.46	37.00	36.75	39.87	39.10	38.10	37.81

3 m	rak 1	rak 2	rak 3	rak 4	rak 5	rak 6	rak 7	rak 8
rak atas	36.42	40.09	39.77	35.65	35.32	35.12	35.67	39.09
rak bawah	39.39	38.23	35.12	28.30	36.10	36.34	38.78	29.15
rak kiri	39.01	37.92	38.42	37.76	36.32	36.78	36.12	37.53
rak kanan	38.08	37.13	37.80	35.12	37.24	37.47	36.78	35.98
rak depan	26.24	25.19	25.76	24.43	25.98	25.32	25.40	24.54
rak belakang	38.23	37.98	37.47	37.23	39.66	39.63	40.52	42.17

) Data Kecepatan *Inlet* 3 m/s

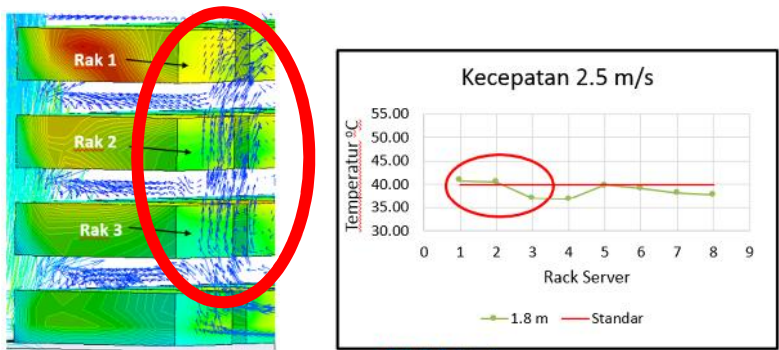
0.5 m	rak 1	rak 2	rak 3	rak 4	rak 5	rak 6	rak 7	rak 8
rak atas	30.31	32.53	29.43	30.45	30.24	33.54	34.10	33.53
rak bawah	38.51	36.63	28.59	27.76	32.51	33.31	30.35	27.95
rak kiri	35.23	35.32	33.45	32.12	34.54	35.00	34.13	34.12
rak kanan	33.54	34.02	34.13	34.13	34.65	34.12	32.35	33.98
rak depan	25.65	25.45	24.54	23.97	25.65	25.35	24.54	23.89
rak belakang	35.21	34.19	33.62	33.36	32.20	32.09	32.16	32.00

1 m	rak 1	rak 2	rak 3	rak 4	rak 5	rak 6	rak 7	rak 8
rak atas	34.23	38.21	38.11	33.91	34.12	34.45	32.12	33.54
rak bawah	39.43	37.12	34.21	27.83	43.12	29.36	31.43	28.01
rak kiri	34.02	33.55	33.45	33.01	34.09	33.51	33.23	32.14
rak kanan	34.31	34.54	33.56	31.87	34.12	35.09	35.32	33.21
rak depan	24.98	24.54	24.24	23.45	25.01	24.78	24.75	23.79
rak belakang	34.32	34.19	34.09	32.19	33.58	32.78	31.42	30.78

1.8 m	rak 1	rak 2	rak 3	rak 4	rak 5	rak 6	rak 7	rak 8
rak atas	35.21	36.13	35.45	35.21	33.43	32.42	33.56	35.65
rak bawah	36.84	35.32	35.12	34.75	35.79	35.32	34.53	34.19
rak kiri	38.53	34.54	34.12	33.13	36.31	35.21	34.21	34.56
rak kanan	36.78	35.42	35.31	34.56	34.79	34.89	35.02	35.23
rak depan	25.70	24.42	24.65	23.67	25.09	24.12	24.54	23.65
rak belakang	35.10	33.18	31.87	32.80	34.60	33.48	33.39	34.01

3 m	rak 1	rak 2	rak 3	rak 4	rak 5	rak 6	rak 7	rak 8
rak atas	33.96	35.77	35.31	34.13	32.12	33.54	33.65	35.31
rak bawah	36.64	35.31	33.54	27.73	34.23	33.54	33.21	28.20
rak kiri	34.23	34.12	33.43	33.66	35.21	35.46	34.12	34.09
rak kanan	35.76	34.56	33.55	34.65	35.30	34.64	33.23	32.54
rak depan	25.32	24.78	24.54	23.78	25.66	24.78	24.64	23.24
rak belakang	36.16	35.06	34.68	33.87	34.97	34.68	33.90	34.01

Lampiran 2 : Contoh perhitungan pada rak server 1 rak server 2 dan rak server 3 ketinggian outlet 1.8 m



2.5 m/s	A	L	T ∞	T s	T f	V (m/s)	k	€l	Pr
	m ²	m	K	K	K	m/s	W/m.K	m ² /s	
rak 1	0.80	0.3	316.94	319.01	317.98	0.05	0.02763052	1.76988E-05	0.704483
rak 2	0.80	0.3	305.34	318.89	312.12	0.09	0.02719688	1.71093E-05	0.705303
rak 3	0.80	0.3	301.21	314.78	307.99	0.10	0.02689126	1.66938E-05	0.705881

β	Gr	α	Ra	Nu	h
		m ² /s			W/m ² K
0.003145	5499230.326	2.5161E-05	3868270.62	23.467	2.161
0.003204	39274665.02	2.42938E-05	27659815.79	37.947	3.440
0.003247	41883588.93	2.36825E-05	29523716.46	38.563	3.457

“Halaman ini sengaja di kosongkan”

RIWAYAT PENULIS



Teuku Reza Maulana Fasya adalah anak pertama dari dua bersaudara. Penulis lahir di Sukabumi 22 September 1994. Penulis memulai pendidikannya di TK Dewi Sartika , kemudian melanjutkan pendidikan sekolah dasar di SD Cisuda 2 Sukabumi, setelah itu penulis melanjutkan pendidikan di SMPN 1 Sukabumi, kemudian pada tahun 2009 penulis melanjutkan pendidikan menengah ke atas di SMAN 1 Sukabumi kelas

Akselerasi. Pada tahun 2011 setelah lulus pendidikan menengah ke atas penulis melanjutkan pendidikan di Politeknik Negeri Bandung jurusan Teknik Refrigerasi dan Tata Udara dan setelah lulus penulis sempat bekerja di PT.HM Sampoerna kemudian pada tahun 2015 penulis kembali melanjutkan pendidikan di ITS Jurusan Teknik Mesin.

Semasa kuliah di Politeknik Negeri Bandung penulis aktif dalam organisasi diantaranya adalah sebagai pengurus Himpunan Mahasiswa Refrigerasi dan Tata Udara pada tahun 2011 – 2012. Semasa kuliah di ITS penulis tidak lagi aktif dalam organisasi.

Untuk segala informasi dan saran yang ditunjukkan kepada penulis dapat menghubungi penulis melalui *e-mail* rezamaulana82@gmail.com